

---

## Sachbericht

**Verbundprojekttitlel:**

KMU-innovativ Verbundprojekt: Von der werkstattorientierten Schaltschrankmontage zum Cyber-Physischen Produktionssystem im smarten Netzwerk (SmartSwitchCabiNet)

**Vorhabentitel:**

Vernetzungstechnologie für die Wertschöpfung von morgen

---

**Datum:** 01.06.2023

**Autoren:** Jürgen Kutschinski, Patrick Seim

**Unternehmen:** Gesellschaft für Engineering und industrielle Automatisierungslösungen mbH (GEENIAL)

**Förderkennzeichen:** 02P19K112

# 1 Teil I – Kurzbericht

Aufgrund einer hohen Produktvarianz ist der Bau von Schaltschränken für Maschinen und Anlagen bis heute ein überwiegend manueller Montageprozess. Gleichzeitig ist die Branche des Schaltschrankbaus KMU-geprägt. Die Konkurrenz aus Niedriglohnländern, steigende Marktanforderungen bzgl. kürzerer Produktlebenszyklen, schnellerer Lieferzeiten sowie eine fortschreitende Diversifizierung des Produktspektrums und der fortschreitende Fachkräftemangel stellen die KMU in Deutschland vor immer größere Herausforderungen. Ziel des Forschungsprojekts war die Erhöhung der Produktivität in der Fertigung und Montage von Schaltschränken durch Schaffung eines Wertschöpfungsnetzwerks, in dem Komponenten- und Baugruppenlieferanten sowie Schaltschrank- und Anlagenbauer entlang effizienterer Wertschöpfungsprozesse miteinander kooperieren und somit positive Synergieeffekte nutzen können.

Um das gesetzte Ziel erreichen zu können, musste zunächst der Digitalisierungsgrad innerhalb der Fertigungsprozesse der einzelnen Projektpartner bewertet werden. Durch Aufnahme und Analyse der Fertigungsprozesse der teilnehmenden Schaltschrankbauer und gezielte Befragungen beteiligter Rollen konnten verschiedene Defizite und Unterschiede in den Prozessen festgestellt werden. Zu diesen Defiziten zählten unter anderem eine mangelnde Kommunikation sowie ein mangelnder Informationsfluss innerhalb der Unternehmen, aber auch unternehmensübergreifend. Die Unterschiede ergaben sich insbesondere in dem Digitalisierungsgrad. Hierbei fanden sich neben dem gezielten Einsatz von Software zur Planung von Ressourcen und Kapazitäten sowie zur detaillierten Planung von Fertigungsabläufen, auch hochgradig manuelle Tätigkeiten durch bspw. der Pflege von Excel-Mappen. Die Beseitigung der Defizite und der Ausgleich der Unterschiede in Form einer gemeinsamen Plattform wurden als zentraler Bestandteil des Forschungsprojekts identifiziert. Zielsetzung dieser Plattform war die Schaffung von Möglichkeiten, um Auftrags- und Bearbeitungsfortschritte tracken, sowie Kundenprojekte, bei eigenen Kapazitätsengpässen oder fehlendem Know-How, innerhalb des Wertschöpfungsnetzwerks an Partner vergeben zu können.

Basierend auf einer umfassenden Anforderungsanalyse fand eine Abwägung verschiedener Umsetzungsmöglichkeiten der angedachten Plattform statt. Hierbei wurden die folgenden Ausprägungen betrachtet, analysiert und final bewertet: Erweiterung bereits bei den Projektpartnern eingesetzter Software, Einsatz von marktverfügbaren kommerziellen Lösungen und/oder Open-Source-Lösungen oder die Eigenentwicklung. Die Entscheidung fiel auf die Eigenentwicklung einer Web-Plattform kombiniert mit einer per REST-API verknüpfbaren Middleware, welche ebenfalls im Rahmen des Projekts entwickelt wurde. Aufgabe der Middleware ist die Aufbereitung und der Austausch von Daten zwischen der Plattform und lokaler Datenquellen in den Unternehmen. Mit der Definition notwendiger zu erfassender Auftrags- und Trackingdaten wurde die Konzeptphase abgeschlossen und es wurde mit der Umsetzung begonnen. Während der Umsetzung wurde ein iterativer Release-Feedback-Zyklus-Ansatz verwendet, bei dem Eindrücke und Verbesserungsvorschläge der Projektpartner zeitnah bewertet und ggf. umgesetzt worden sind, dadurch konnte eine begleitende und fortlaufende Validierung und Optimierung der Plattform gewährleistet werden. Durch dieses Vorgehen mussten während der abschließenden Validierung nur noch kleinere Optimierungen und Anpassungen vorgenommen werden.

Die finale Version der SSC-Webplattform verfügt über die folgenden Funktionalitäten, mit denen die gesetzten Ziele erreicht werden konnten:

- Unternehmensverwaltung:
  - Übersicht aller im Netzwerk verfügbaren Unternehmen – inkl. einfacher Stammdaten wie Kontaktinformationen.

- Qualitätsbewertung der Unternehmen in vereinfachter Form durch andere Unternehmen des Netzwerks.
- Filter der Unternehmen nach Qualität.
- Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Unternehmen.
- Verwaltung von Kompetenz-Verfügbarkeiten:
  - *Als Möglichkeit anderen Projektteilnehmern mitzuteilen, dass Kapazitäten mit definierbaren Fähigkeiten zur Verfügung gestellt wurden und diese für Fremdprojekte eingesetzt werden können.*
  - Übersicht eigener Kompetenz-Verfügbarkeiten.
  - Übersicht der Kompetenz-Verfügbarkeiten anderer Netzwerkpartner.
  - Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Kompetenz-Verfügbarkeiten.
- Projektverwaltung:
  - Übersicht eigener Projekte, die zur Fremdvergabe an andere Teilnehmer eingestellt wurden.
  - Übersicht der Projekte, die andere Teilnehmer des Netzwerks zur Fremdvergabe eingestellt haben.
  - Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Projekten. Projekte können dabei als Ganzes oder als Teilprojekte vergeben werden.
  - Projektbezogen: Angabe von Stammdaten und Upload notwendiger Dateien durch den Auftraggeber wie z. B.
    - Anzahl, Höhe und Breite,
    - Anzuwendende Normen und benötigte Zertifizierungen des Auftragnehmers sowie
    - Stücklisten, Funktionsbeschreibungen, Spezifikationen und Lastenheften.
  - Projektbezogen: Upload notwendiger Dateien durch den Auftragnehmer wie z. B. Abschlussrechnungen.
- Bewerbungssystem:
  - Erstellen, Bearbeiten und Löschen eigener Bewerbungen auf Projekte anderer Netzwerkteilnehmer – inkl. der Möglichkeit Angebote hochzuladen.
  - Übersicht eigener Bewerbungen auf andere Projekte.
  - Annahme oder Ablehnung der Bewerbungen anderer Netzwerkteilnehmer auf eigene Projekte, wobei eine Annahme zur festen Vergabe des Projekts an den Bewerber führt.
- Kommentarfunktion innerhalb von Projekten:
  - Nutzbar während der Bewerbungsphase zum direkten Austausch (z. B. Beantwortung von Rückfragen oder Nachbesserungen bei Angeboten).
  - Nutzbar während der Abwicklung von Projekten zum direkten Austausch (z. B. Beantwortung von Rückfragen, Anforderung fehlender Unterlagen).
- Tracking des Auftrags-/Bearbeitungsfortschritts:
  - Anzeige des Fortschritts eines (Teil-) Projekts.
  - Pflege der Anzeige entweder automatisiert über die Middleware anhand der lokalen Datenhaltung des Auftragnehmers oder durch manuelle Eingabe direkt auf der Plattform.
  - Initialer Bezug von Projektstammdaten über die Middleware zur Einspeisung in die lokalen Systeme des Auftragnehmers.

Bei der abschließenden Validierung wurde der gesamte Prozess einer Projektvergabe und Durchführung, begonnen bei der Auftragserstellung, über die Auftragsvergabe bis hin zur Bearbeitung der Aufträge und dem Tracking von Fortschritten erprobt. Insgesamt wurden alle Funktionalitäten der Plattform von den Projektpartnern als positiv und nützlich bewertet.

Die Validierung hat somit gezeigt, dass die gesammelten Anforderungen und die herausgearbeiteten Konzepte sowie deren Umsetzung in Form der SSC-Plattform eine geeignete Grundlage zur Schaffung des angestrebten Wertschöpfungsnetzwerks für den Bereich des Schaltschrankbaus ist. Abseits der entwickelten Plattform zeigte die Validierung jedoch, dass noch weitere Schritte zur Optimierung der internen Organisation der Netzwerkteilnehmer unternommen werden müssen. Um das Ziel eines Wertschöpfungsnetzwerk mit effizienten Wertschöpfungsprozessen zur Kooperation und zur Erschließung positiver Synergieeffekte zwischen Komponenten- und Baugruppenlieferanten sowie Schaltschrank- und Anlagenbauern erreichen zu können, müssen weitere interne Fertigungs- und Organisationsprozesse der Netzwerkteilnehmer standardisiert werden.

## 2 Teil II – Sachbericht

### Bericht

Zu Beginn des Projekts verschaffte sich das gesamte Konsortium in Arbeitspaket 1 einen Überblick über die Prozessabläufe der beiden Schaltschrankbauer AEM und ELTEBA sowie über den Prozessablauf beim Klemmenleistenmonteur LPS. Hierzu führten beide Unternehmen mit Unterstützung des LPS umfangreiche BPMN-Analysen (siehe Abbildung 1: BPMN der Prozessabläufe des Projektpartners AEM) durch, welche im Verlauf der ersten Workshops gemeinsam besprochen wurden.

Anschließend konzentrierten sich LPS, ELTEBA und AEM auf eine tiefergehende Analyse der Prozesse, um z. B. Störfaktoren zu identifizieren. GEENIAL erarbeitete auf Basis der BPMN-Analysen und weiterer Aussagen sowie der herausgearbeiteten Störfaktoren einen umfangreichen Fragenkatalog, welcher neben allgemeinen Fragestellungen auch unternehmensspezifische Fragestellungen umfasste. Folgende Kategorien wurden durch den Fragenkatalog abgedeckt:

- Allgemeine Fragen:
  - Lieferungen & Lieferanten.
  - Potentiale für weitere Analysen & Optimierungen.
- Spezifische Fragen an ELTEBA (basierend auf den ELTEBA BPMN-Analysen und weiteren Aussagen):
  - Kunden.
  - Vertrieb.
  - Projektleiter.
  - Einkauf.
  - Werkstattmeister.
  - Montage.
- Spezifische Fragen an AEM (basierend auf den AEM BPMN-Analysen und weiterer Aussagen):
  - Datenaustausch & Datenfluss bei Kundenanfragen.
  - Kalkulation & Inhalte von Angeboten.
  - Definition des internen 4-Augen-Prinzips.
  - Definition & Inhalt des internen (digitalen) Projektordners.
  - Nachverfolgung von Änderungen.
  - Distribution von Arbeitsaufträgen an die Mitarbeiter.

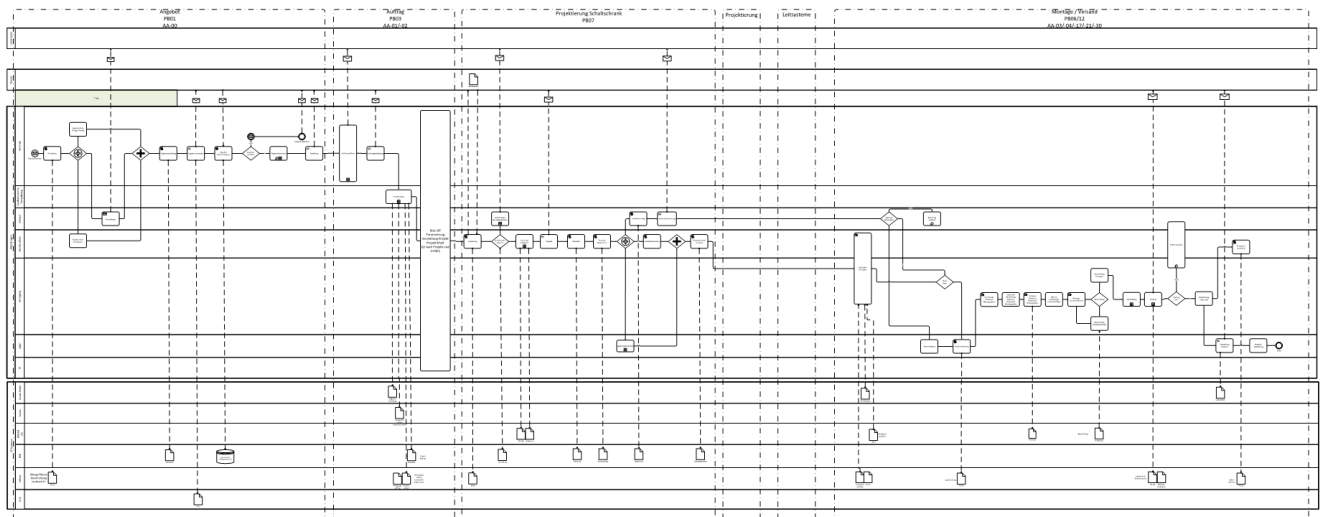


Abbildung 1: BPMN der Prozessabläufe des Projektpartners AEM

Beide Schaltschrankbauer wurden zudem aufgefordert, auch die spezifischen Fragen des jeweilig anderen soweit möglich zu beantworten.

Basierend auf den bis dahin durchgeführte Analysen wurden gemeinsam durch LPS und GEENIAL sechs Bereiche identifiziert, in denen entsprechende Optimierungspotentiale vorliegen. Anschließend wurden diese in einer offenen Diskussion anhand eines paarweisen Vergleichs mit allen Projektpartnern priorisiert. Abbildung 2 zeigt das Ergebnis dieses Arbeitsschritts.

	Komponentenlieferanten- & Liefermanagement	Auftragsplanung	Auftragstracking	Tracking Mensch- & Maschinenressourcen	digitaler Projektorder in der Fertigung	(rudimentäre) Montageassistenz						Wertung	Rang
Komponentenlieferanten- & Liefermanagement	x	0	0	0	0	0						0	4
Auftragsplanung	2	x	1	1	2	2						8	1
Auftragstracking	2	1	x	1	2	2						8	1
Tracking Mensch- & Maschinenressourcen	2	1	1	x	2	2						8	1
digitaler Projektorder in der Fertigung	2	0	0	0	x	2						4	2
(rudimentäre) Montageassistenz	2	0	0	0	0	x						2	3
0 = Zeilenwert ist unwichtiger													
1 = gleich wichtig													
2 = Zeilenwert ist wichtiger													

Abbildung 2: Übersicht der Optimierungsfelder und der resultierenden Priorisierung

Um spezifischere Anforderungen an eine digitale Lösung zur Optimierung der Bereiche Auftragsplanung, Auftragstracking sowie Tracking von Mensch- & Maschinenressourcen erarbeiten zu können, wurden durch GEENIAL mit Unterstützung des LPS Interviews mit den Werkstattheitern der Partner AEM und ELTEBA geführt, da diese insbesondere für die drei genannten Bereiche die täglichen

Bedarfe am besten kennen. Basierend auf den Interviews erarbeitete GEENIAL eine Anforderungsliste mit insgesamt 45 Anforderungen unterteilt in die Kategorien:

- Aufträge,
- Arbeitsschritte,
- Ressourcen,
- Material,
- Tracking,
- Planung,
- Benutzer und Rechte,
- Datenzugriff und
- Restriktionen bei der Vergabe an Mitarbeiter.

Nachdem diese Anforderungsliste von beiden Werkstattleitern abgenommen wurde, wurden 23 Anforderungen nochmals höher priorisiert, damit diese fokussiert angegangen werden können.

Der Fragenkatalog, die Interviews und die Anforderungsliste zeigten, dass eine Lücke zwischen der Werkstattebene sowie der Werkstatt-/Projektleitung besteht, welche oftmals nur durch manuelle Datenhaltung, persönliche Kommunikation aber auch Erfahrungswerten überbrückt werden kann. Um entsprechende Konzepte für die Gesamtarchitektur der notwendigen Systeme zur Schließung dieser Lücke erstellen zu können, wurde die aktuelle Systemlandschaft bzgl. vorhandener ERP-, MES- und Fertigungsplanungssysteme analysiert. Das Ergebnis ist in Abbildung 3 dargestellt.





	 <b>SSB 1</b>	 <b>SSB 2</b>	 <b>Klemmenleiste montage</b>	 <b>Lieferant, Kunde</b>
ERP Systeme	<u>FactWork</u>	<u>ProCoS</u>	-	SAP
MES / Fertigungsplanung	<u>SmartSheet</u>	Excel	Excel	Hydra

Abbildung 3: Verwendete ERP-, MES- und Fertigungsplanungssysteme

Auffällig war dabei, dass AEM und Phoenix Contact bereits spezielle Software für beide Bereiche einsetzen, während ELTEBA und LPS im Bereich MES/Fertigungsplanung auf Excel-Mappen zurückgreifen. Zusätzlich verwendet jeder Partner eine andere Softwarelösung. Beide Faktoren mussten während der nachfolgenden Konzeption berücksichtigt werden.

Basierend auf den zuvor erläuterten Analysen und den dabei entdeckten Lücken im Datenfluss konnte gemeinsam ein Grobkonzept zur Erreichung der angestrebten Digitalisierung, welches in Abbildung 4 dargestellt ist und auf dem Tracking der Aufträge und den Ressourcen beruht, erarbeitet werden (Arbeitspaket 2).

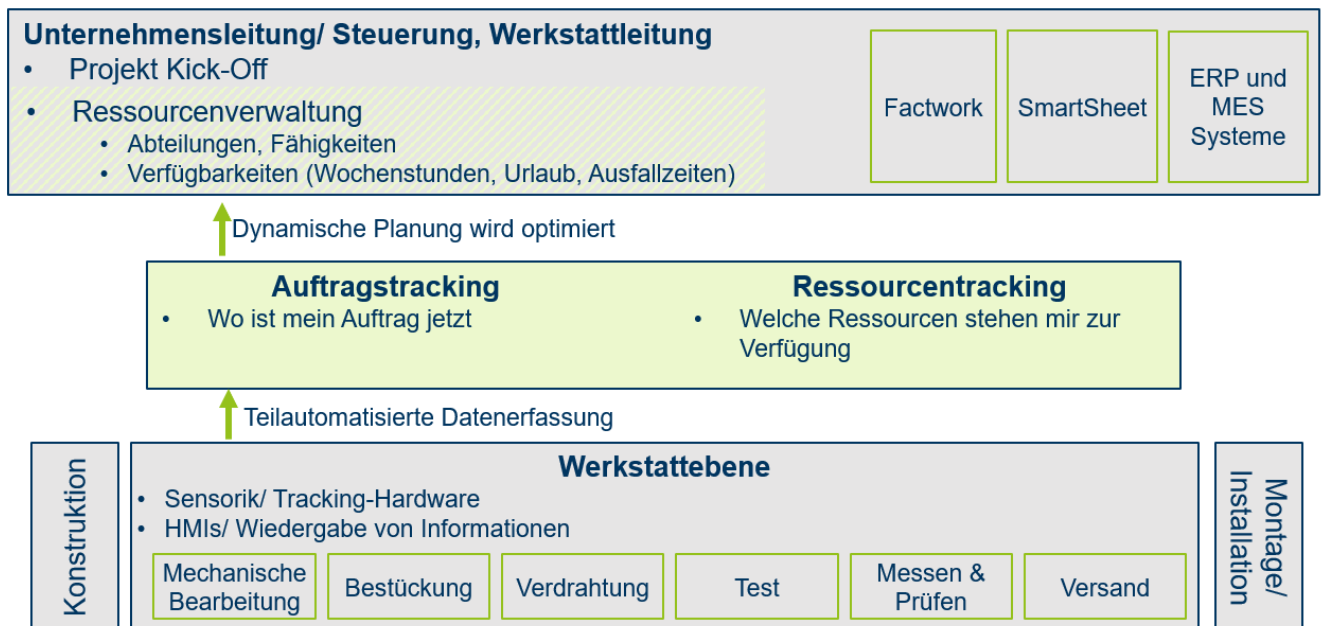


Abbildung 4: Grobkonzept zur Erreichung der angestrebten Digitalisierung

Im weiteren Verlauf wurde die vorhandene heterogene Systemlandschaft durch GEENIAL hinsichtlich einer Eignung zur Erreichung des Ziels bewertet. Dabei wurde festgestellt, dass die Systemlandschaft in ihrer aktuellen Ausprägung kein ausreichend stabiles Fundament darstellt, um diese im Sinne einer Gesamtlösung vereinheitlichen zu können, da die Systeme einen unterschiedlichen Fokus bzgl. der Betriebsprozesse sowie ein stark unterschiedliches Funktionsspektrum aufweisen. Um eine gemeinsame Basis zu finden, wurden durch GEENIAL mehrere Lösungsvorschläge erarbeitet und anschließend gemeinsam bewertet.

Die erarbeiteten Lösungsalternativen gehen bzgl. ihres Funktionsumfang über den im Grobkonzept (vgl. Abbildung 4) dargestellten Funktionsumfang hinaus, da die Alternativen bereits eine Digitalisierungslösung für andere Schaltschrankbauer, welche noch keinerlei Systeme im Bereich ERP und MES sowie Fertigungsplanung besitzen, konzeptionell abdecken sollen. Innerhalb des Projekts liegt der Fokus auf dem genannten Grobkonzept aus Abbildung 4, da dieses die Gegebenheiten und Herausforderungen der Projektpartner bestens adressiert. In allen Lösungen enthält der SmartSwitchCabinet (SSC)-Softwarekern die für das Projekt notwendige Business-Logik für das Auftrags- und Ressourcentracking.

#### Lösungsalternative 1

In dieser Lösungsalternative (siehe Abbildung 5) würden für den Bereich der Kapazitäts-, Ressourcen- sowie Projektplanung, die aktuell bei AEM eingesetzten Systeme SmartSheet und FactWork zum Einsatz kommen.



Abbildung 5: Lösungsalternative 1 auf Basis von SmartSheet und FactWork

Abbildung 6 zeigt eine gemeinsam getroffene Bewertung der Lösungsalternative aus Sicht der einzelnen Projektpartner sowie zukünftig weiterer KMU und dem Gesamtprojekt.

Partner	Optimale Lösungsversion
AEM	✓
ELTEBA	✗
LPS	✗
GEENIAL	✗
Projekt/KMU	✗

Abbildung 6: Beurteilung der Lösungsalternative 1

Für AEM wäre diese Lösung bestens geeignet, da hier die bereits im Einsatz befindlichen Systeme verwendet würden. Für ELTEBA und LPS wäre diese Lösung nur bedingt geeignet, da ein System eingesetzt werden würde, welches ggf. nicht optimal zu den eigenen Bedarfen passt.

Aus Sicht von GEENIAL ist dieser Ansatz mit einem erhöhten Einarbeitungs- und Beurteilungsaufwand verbunden, da die Möglichkeiten einer API-Programmierung sowie die allgemeine Flexibilität zur Erweiterung beurteilt werden müssten. Darüber hinaus gibt es eine direkte Abhängigkeit zu externen Herstellern und deren Roadmaps, sodass es ggf. zu erheblichen Verzögerungen im Projekt kommen könnte, falls essenzielle Funktionalitäten oder Möglichkeiten zur eigenständigen Erweiterung fehlen würden. Sollte es keine Erweiterungsmöglichkeiten geben oder diese sich im weiteren Verlauf als unzureichend darstellen, wäre der Projekterfolg gefährdet gewesen.

#### Lösungsalternative 2

In dieser Lösungsalternative (siehe Abbildung 7) würde für den Bereich der Kapazitäts-, Ressourcen- sowie Projektplanung ein Drittanbieter-Kern zum Einsatz kommen. Die Daten aus den bestehenden Systemen würden über separat zu entwickelnden Modulen in den Kern geladen werden. Abbildung 8 zeigt eine gemeinsam getroffene Bewertung der Lösungsalternative aus Sicht der einzelnen Projektpartner sowie zukünftig weiterer KMU. Für AEM wäre diese Lösung geeignet, da die bisherigen Systeme SmartSheet und FactWork weiterverwendet werden könnten.



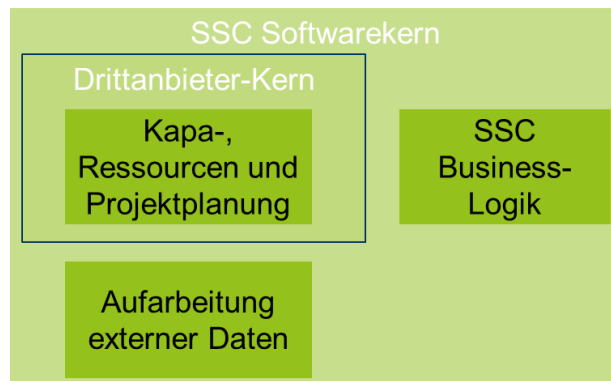


Abbildung 7: Lösungsalternative 2 auf Basis eines Drittanbieter-Kerns

Partner	Optimale Lösungsversion
AEM	✓
ELTEBA	✓
LPS	✓
GEENIAL	✗ Closed ✓ Open
Projekt/KMU	✗ Closed ✓ Open

Abbildung 8: Beurteilung der Lösungsalternative 2

Für ELTEBA und LPS wäre diese Lösung ebenfalls geeignet, da bestehende Lösungen ebenfalls weiterhin verwendet werden könnten oder die Funktionalitäten des Drittanbieter-Kerns benutzt werden könnten.

Aus Sicht von GEENIAL und dem Projekt ergibt sich im Falle eines Closed-Source-Kerns (kommerziell und ohne Zugriff auf den Quellcode) die identische Bewertung wie bei Lösungsvariante 1. Bei Verwendung einer Open-Source-Lösung mit geeigneter Lizenzierung wäre eine hohe Flexibilität und Erweiterbarkeit gegeben, da ein direkter Zugriff auf den Quellcode der Software besteht und dieser verändern werden kann, sodass die Projektziele bestens erreichbar wären.

### Lösungsalternative 3

Die dritte Lösungsalternative (siehe Abbildung 9) entspricht in etwa der zweiten Alternative. Der Unterschied ist, dass kein Drittanbieter-Kern, sondern eine Eigenentwicklung verwendet werden würde.

Aus Sicht von AEM, ELTEBA und LPS ergibt sich eine identische Bewertung wie bei der Lösungsalternative 2. Für GEENIAL und das Gesamtprojekt ergibt sich eine Bewertung wie bei Lösungsalternative 2 unter Verwendung eines Open-Source-Kerns mit geeigneter Lizenzierung.

Da die Lösungsalternative 2 mit einem Open-Source-Kern sowie Lösungsalternative 3 aus allen Betrachtungsrichtungen die geeignetsten Lösungen sind, mussten im weiteren Verlauf des Projekts geeignete Open-Source-Kerne gefunden und analysiert werden. Hierzu führte LPS eine Marktrecherche unter Berücksichtigung der von GEENIAL erstellten Anforderungsliste durch. Die vielversprechendsten Systeme waren Odoo<sup>1</sup> und ERP Next<sup>2</sup>. Bei beiden Systemen ist die technische

<sup>1</sup> <https://www.odoo.com>

<sup>2</sup> <https://erpnext.com/>

Möglichkeit zur eigenständigen Erweiterung gegeben. ERP Next bietet einen erhöhten Erfüllungsgrad der Anforderungen. ERP Next ist jedoch mit der OpenSource-Lizenz „GNU General Public License“<sup>3</sup> lizenziert, welche als ungeeignet eingestuft wurde. Odoo hingegen bietet in der kostenlosen Grundfunktion nur einen geringen Erfüllungsgrad der Anforderungen. Ein höherer kann nur erzielt werden, wenn zusätzliche Applikationsmodule gekauft werden. Letztendlich fiel die Entscheidung deshalb auf eine Eigenentwicklung (Lösungsalternative 3).

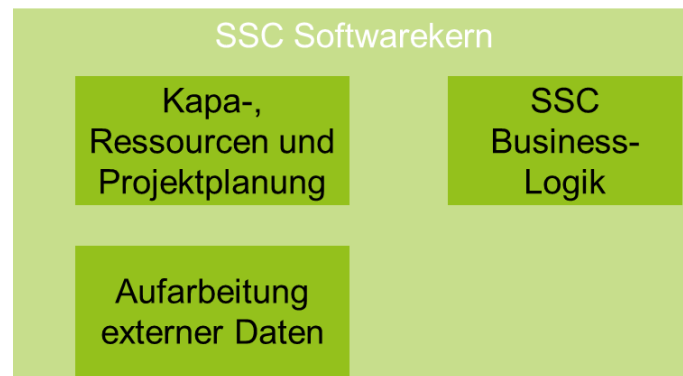


Abbildung 9: Lösungsalternative 3 auf Basis einer Eigenentwicklung

Nachdem die Entscheidung zu Gunsten einer Eigenentwicklung in Form einer Webplattform gefallen war, haben alle Projektpartner gemeinsam das Anforderungsprofil und das Ziel des Systems nochmals geschärft und sich auf die Projektplanung im Sinne einer Auftragsvergabe unter den Netzwerkpartnern sowie dem Tracking des Auftrags-/Bearbeitungsfortschritts konzentriert, um neben den betriebsinternen Bedarfen gleichzeitig den angestrebten Netzwerkgedanken in den Vordergrund zu stellen.

Das Ziel der Auftragsvergabe innerhalb des Netzwerks ist es, bei geringerer Eigenauslastung Projekte der Netzwerkpartner übernehmen zu können, welche diese aufgrund einer Überauslastung nicht selbst bedienen können. Die Anforderungen und die benötigten Daten für dieses Feature definierten die Schaltschrankbauer AEM und ELTEBA mit Unterstützung vom LPS und GEENIAL (siehe Abbildung 10).

<sup>3</sup> <http://www.gnu.org/licenses/gpl-3.0.html>

Kategorie		Kriterium				
Projektbeschreibung	Projektnummer					
	Auftraggeber					
	Projektname					
	Kurzbeschreibung					
Projektart		Fertigung eines Schaltschranks: Gesamt- oder Teilprojekte			Dienstleistung	
Beschreibung Schaltschrank oder Tätigkeit					Spezifikation Tätigkeit	
					Anzahl Stunden	
		Anzahl Felder/ Gehäuse				
		Schrankschrank Größe (BxHxT)				
Besondere Zertifizierungen und Normen						
Weitere Besonderheiten (Aderkennzeichnung, Betriebsmittelkennzeichnung, u. a.)						
Teilprojekte und Unterlagen		Wählbare Teilprojekte		Benötigte Unterlagen		
		Schaltplanerstellung		Mengen und Massenlisten		
				Gerätelliste		
				Lastenheft Endkunde / Bauteilfreigabe		
				Funktionsbeschreibungen		
				Schemata/ Grundriss, Anlagen Layout		
				EPLAN Datei "Template"/"Vorlagen"		
		Fertigung		Mechanische Fertigung		Schaltschrankunterlagen
				Klemmenleisten		EPLAN PROPANEL Aufbauplan
				Kabelkonfektionierung		EPLAN P8 Schaltplan
				Verdrahtung		Stücklisten
						Beschriftungsdateien
		Materialbereitstellung		Gesamt	In Teilen	Keine
		Termine	Vergabe			
Kunden Abnahme						
Liefertermin						
Spätester Angebotszeitpunkt						

Abbildung 10: Anforderungen und nötige Daten für eine Auftragsvergabe

Produktionsaufträge können als Gesamtprojekt oder als Teilprojekt (möglich sind Schaltplanerstellung, sowie die gesamte Fertigung oder in Teilen als mechanische Fertigung, Klemmenleistenmontage, Kabelkonfektionierung oder der Verdrahtung) vergeben werden. Die dazu benötigten Unterlagen sollen durch eine Eingabemaske innerhalb der Plattform vorgegeben und eingefordert werden. Hierdurch kann zukünftig mit zum Teil standardisierten Daten innerhalb des Netzwerks gearbeitet werden. Nach der Vergabe eines Projekts an einen oder aufgeteilt in Teilprojekten an mehrere Netzwerkpartner soll der Fortschritt der Projekte als Auftragstracking in der Plattform umgesetzt werden.

Nach Abschluss aller Analysen und der umfangreichen Anforderungsdefinition (Arbeitspaket 1) sowie der Konzepterstellung (Arbeitspaket 2) konnte mit der Umsetzung der Webplattform (Arbeitspaket 3) begonnen werden. Zunächst wurden die grundlegenden Features „Anzeigen, Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Netzwerkteilnehmern (siehe Abbildung 11) sowie „Anzeigen, Erstellen, Bearbeiten und Löschen von Projekten“ (siehe Abbildung 12) umgesetzt. Mit der Umsetzung des Features „Bewerbungssystem“ (Abbildung 13 zeigt exemplarisch die Übersicht der Bewerbungen anderer Netzwerkpartner auf unternehmenseigene Projekte), wurde ein erster Schritt in Richtung der Projektvergabe unternommen. Durch dieses Feature können sich potenzielle Auftragnehmer auf verfügbare Projekte bewerben. Die entstandenen Bewerbungen können durch den Auftraggeber abgelehnt oder angenommen werden. Letzteres führt automatisch zu einer Vergabe des Projekts an den Bewerber. Zusätzlich wurde eine Möglichkeit implementiert, um „freie Kapazitäten“ (dadurch können Partner im Netzwerk sehen, welche Teilnehmer ggf. Kapazitäten übrig haben, um bei der Produktion zu unterstützen) zu verwalten (Anzeigen, Erstellen, Bearbeiten und Löschen) (siehe Abbildung 14).

Namens-Filter						Bewertungs-Filter	Gold	▼
Name	Adresse	Telefon	Fax	E-Mail		Bewertung		
ELTEBA GmbH & Co. KG	Gladbacher Str. 22, D-52525 Heinsberg					8		
Schaltschrankbau24	Schaltschrankbau-24-Alle 1, 12345					8		
AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH	Seerasen 4-6, D-36284 Hohenroda (Hessen)					8		
LPS Bochum	Universitätsstr. 150, 44801 Bochum					8		

Abbildung 11: Übersicht der vorhandenen Netzwerkpartner

Projektnummer	Projektname	Versandadresse	Kurzbeschreibung	Unternehmen	Erstellungsdatum	Zuletzt Aktualisiert	
9707031	CPPS - Klemmkasten 24	Schaltschrankbau-24-Alle 1, 12345	in komplett Vergabe	<a href="#">Schaltschrankbau24</a>	16.03.2022	16.03.2022	

Abbildung 12: Übersicht der im Netzwerk verfügbaren Projekte

## Übersicht - Bewerbungen auf Unternehmensprojekte

<a href="#">CPPS - Klemmkasten 24</a>					
Unternehmen	Status	Teilprojekt	Anmerkung	Dateien	
<a href="#">AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH</a>	Angenommen	Mechanische Fertigung	Anbei unser Angebot hierzu. Bei Fragen stehen wir Ihnen gerne zu Verfügung.	<a href="#">Angebot_335422.pdf</a>	Angebot

Abbildung 13: Übersicht von Bewerbungen auf eigene Projekte

Unternehmen	Aktiv	Start	Ende	Personen-Tage	Anmerkungen	Kompetenz
<a href="#">AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH</a>	<input type="checkbox"/>	27.09.2021	27.09.2021	1		Skill 2
<a href="#">AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH</a>	<input checked="" type="checkbox"/>	27.09.2021	27.09.2021	1		Skill 1

Abbildung 14: Übersicht der verfügbaren Kapazitäten einer Firma

Im weiteren Verlauf lag der Fokus auf der weiteren Umsetzung notwendiger Features für die Plattform (Arbeitspaket 3) sowie auf dem Transfer und die Einbindung der Plattform in die Prozesse der Projektpartner (Arbeitspaket 4).

Der Entwicklungsstand wurde den Projektpartnern regelmäßig vorgestellt und kurzfristig zur Verfügung gestellt. Durch das regelmäßige Releasemanagement mit kurzen Entwicklungszyklen konnten alle Projektpartner zeitnah die neuen Funktionalitäten und Optimierungen der Plattform ausgiebig testen und validieren. Die im Sinne der Projektziele seitens der Projektpartner berichteten Eindrücke und Verbesserungsvorschläge wurden fortlaufend seitens GEENIAL bewertet und bzgl. ihrer Umsetzbarkeit evaluiert. Durch diesen iterativen Release-Feedback-Zyklus konnte eine begleitende und fortlaufende Validierung und Optimierung der Plattform bereits vor Start des AP 5 erreicht werden.

Im Folgenden werden die durchgeführten Entwicklungsarbeiten unterteilt in „Auftragsvergabe unter den Netzwerkpartnern“ und „Tracking des Auftrags-/Bearbeitungsfortschritt“ erläutert. Diese beiden Kategorien wurden als die wichtigsten Meilensteine zur Erreichung der angestrebten Projektziele identifiziert.

### Auftragsvergabe unter den Netzwerkpartnern

Projekte, welche innerhalb des Netzwerks an Partner vergeben werden sollen, können in der Webplattform eingestellt werden. Der einstellende Netzwerkpartner hat hierbei die Möglichkeit, ein gesamtes Kundenprojekt als Ganzes oder nur in Teilen zu vergeben. Letzteres kann sinnvoll sein, wenn ihm dafür die nötigen Kapazitäten oder auch speziell für diesen Auftrag notwendiges Know-How fehlt. Durch das Netzwerk wird er dann befähigt, seinen Kundenauftrag dennoch abwickeln zu können. Mögliche Teile des Projekts werden als „Teilprojekte“ innerhalb der Plattform definiert. Auswählbare Teilprojektarten sind u. a. „Mechanische Fertigung“, „Klemmleistenmontage“ und „Kabelkonfektionierung“ (siehe Abbildung 15).



Abbildung 15: Projekterstellung: Datei-Upload und Vergabe der Teilprojekte

Für jedes (Teil-)Projekt können wichtige und nötige Stammdaten (siehe Abbildung 16) angegeben werden. Hierzu zählen eine Kurzbeschreibung, Termine und Fristen sowie insbesondere die spezifischen Daten der Schaltschränke wie Anzahl, Höhe und Breite. Aber auch die bei der Produktion anzuwendenden Normen sowie notwendige Zertifizierungen der Auftragnehmer können aus einer vordefinierten Auswahl gewählt werden.

<b>Unternehmen</b>	<a href="#">ELTEBA GmbH &amp; Co. KG</a>
<b>Versandadresse</b>	Gladbacher Straße 22, 52525 Heinsberg
<b>Projektname</b>	ELTEBA Projekt SSC
<b>Kurzbeschreibung</b>	Sensor-Steuerung
<b>Schranksiefe</b>	210
<b>Schranksöhe</b>	600
<b>Schranksbreite</b>	380
<b>Zertifikate und Normen</b>	NSPR 2014/35/EU (Niederspannungsrichtlinie CE)
<b>Zertifikate und Normen (Anmerkungen)</b>	Niederspgs.-Richtlinie
<b>Stückzahl</b>	1
<b>Materialbereitstellung</b>	Teilweise
<b>Materialbereitstellung (Anmerkungen)</b>	Adapterplatte
<b>Spätester Angebot-Termin</b>	12.10.2021
<b>Material-Bereitstellungs-Termin</b>	12.10.2021
<b>Liefertermin</b>	26.10.2021

Abbildung 16: Projekt-Stammdaten

Die wichtigsten Informationen, welche zur Fertigung der Schaltschränke notwendig sind, können als Dateien auf der Plattform hochgeladen und so mit dem Projekt verknüpft werden. Neben den Fertigungsdaten, welche durch den Auftraggeber hochgeladen werden müssen, können auch Angebote sowie Rechnungen der (potentiellen) Auftragnehmer hochgeladen werden. Dadurch wird der durchgängige Austausch der notwendigen Daten sowohl für die Fertigung der Schaltschränke als auch für die Abrechnung erbrachter Leistungen ermöglicht. Zur besseren Orientierung innerhalb der Plattform können die Dateien verschiedenen Kategorien wie z. B. „Stücklisten“, „Funktionsbeschreibungen“, „Spezifikationen“, „Lastenheften“ oder „Angebot“ zugeordnet werden (siehe Abbildung 17).

Dateiname	Dateityp
<a href="#">100810100.pdf</a>	Schaltschrankunterlagen
<a href="#">UC EMLP 27X12,5 Tür.mtp</a>	Beschriftungsdateien
<a href="#">100810100_S1_Montageplatte.dxf</a>	Schemata/ Grundriss, Anlagen Layout
<a href="#">UCTM5.mtp</a>	Beschriftungsdateien

Abbildung 17: Datei-Upload mit Kategorisierung

Kommentare

Hallo ich werde Dir die benötigten Artikelliste für die Material-Beistellung zusenden ...

Ist schon abzusehen, wann die Liste fertiggestellt wird?

[ELTEBA GmbH & Co. KG](#) 06.01.2022 13:57:32

Hallo ich habe nochmal mit meinem Einkauf und Werkstatt gesprochen. Bitte das komplette Material beistellen! Wir können die Komponenten zu einem Großteil nicht beschaffen ...

[AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH](#) 15.02.2022 09:31:07

[AEM AUGUST ELEKTROTECHNIK GMBH](#) 14.12.2021 10:38:39

Abbildung 18: Kommentarfunktion

Nachdem ein Projekt eingestellt worden ist, ist es für alle anderen Netzwerkpartner sichtbar. Anhand der zur Verfügung gestellten Informationen und Anforderungen können diese nun entscheiden, ob das Projekt für sie von Interesse ist. Ist dies der Fall, können sie sich über die Plattform auf ein gesamtes Projekt oder nur auf Teilprojekte bewerben. Der Auftraggeber kann alle Bewerbungen in einer Übersicht sehen und die Bewerbungen der anderen Teilnehmer annehmen oder ablehnen. Sowohl während der Zeit nach einer Vergabe als auch während der Bewerbungsphase können die notwendige Kommunikation, der Austausch nachträglich notwendiger Daten oder die Zustellung von Angeboten sowie Rechnungen ebenfalls über die Plattform erfolgen. Dazu stellt die Plattform den Bewerbern ebenfalls eine Upload-Funktion zur Verfügung. Zusätzlich ist eine Kommentarfunktion zur direkten „Diskussion“ in der Plattform integriert (siehe Abbildung 18). Dadurch ist die Abwicklung gesamter Aufträge begonnen bei der Vergabe, weitergehend bei der Fertigung bis hin zur Abrechnung im Sinne der angestrebten Datendurchgängigkeit über die Plattform möglich.

Zusätzlich werden alle Netzwerkpartner fortlaufend per Mail-Benachrichtigungen über Änderungen innerhalb der Plattform informiert (z. B. bei neuen Projekten, Änderungen an Projekten, neuen Bewerbungen etc.)

### *Tracking des Auftrags-/Bearbeitungsfortschritts*

Nachdem der Auftraggeber ein gesamtes Projekt oder Teilprojekte durch Annahme von Bewerbungen an andere Netzwerkpartner vergeben hat, sind diese fest mit den Auftragnehmern verknüpft, wodurch ein durchgängiges Tracking des Auftrags- und Bearbeitungsfortschritts gewährleistet werden kann. Die Plattform sieht zwei Möglichkeiten vor, den Fortschritt zu pflegen.

Die erste Möglichkeit ist ein vollständig automatisierter Austausch zwischen der Plattform und einer beim Netzwerkpartner lokal laufenden Middleware anhand einer entwickelten REST-API. Eine solche Middleware wurde vom Projektpartner AEM entwickelt. Für den sicheren Austausch der Daten bzgl. Datensicherheit und der Garantie, dass nur der Auftragnehmer und nicht andere Netzwerkpartner Zugriff auf den Datenaustausch haben, werden die Technologien OAuth 2.0<sup>4</sup> bzw. OpenID Connect<sup>5</sup> verwendet. Über die API kann der Middleware-Betreiber jeder Zeit prüfen, ob ihm neue Projekte innerhalb des Netzwerks zugewiesen worden sind. Wenn neue Projekte vorliegen, können die (Teil-)Projekte und deren Stammdaten per API über die Middleware in die Fertigungssysteme des Betreibers eingepflegt werden, wodurch dieser die neuen Projekte bspw. in seiner Kapazitäts- und Ressourcenplanung berücksichtigen kann. Fortschritte bei der Bearbeitung der Teilprojekte werden ebenfalls automatisiert aus den lokalen Erfassungssystemen über die Middleware zur Plattform übertragen. Die Fortschritte der einzelnen Teilprojekte werden auf der Plattform zu einem Fortschritt des Gesamtprojekts aggregiert (siehe Abbildung 19).

<b>Fortschritt</b>	75 %
<b>Teilschritt</b>	<b>Fortschritt</b>
Leistungsverdrahtung	100 %
Steuerungsverdrahtung	99 %
Endmontage	95 %
Messen & Prüfen	0 %

*Abbildung 19: Fortschritt des (Teil-)Projekts und der Teilschritte*

Durch die konzeptionierte und realisierte REST-API ist somit ein automatisierter und durchgängiger Austausch von Projektinformationen sowie Bearbeitungsfortschritten möglich. Dadurch wird der Auftraggeber in die Lage versetzt in Echtzeit die Fortschritte der vergebenen Projekte zu beobachten und auf frühzeitige oder verzögerte Fertigstellungen zu reagieren. In der Vergangenheit waren hierzu iterative manuelle und nicht mehr zeitgemäße Aktionen wie das Schreiben von E-Mails oder das Führen von Telefonaten notwendig. Gleichzeitig kann die erarbeitete Statusanzeige auch innerbetrieblich zum Tracking der Projektfortschritte verwendet werden.

Netzwerkpartner, deren eigene IT-Landschaft noch nicht für den Einsatz einer Middleware geeignet ist, können die Fortschritte ihrer Teilprojekte händisch auf der Plattform eintragen, welche dann ebenfalls zu einem Gesamtfortschritt aggregiert und dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. Zukünftig sind auch verschiedene Importlösungen wie z.B. Import von Excel-Dateien denkbar. Durch die Bereitstellung der oben aufgezählten Features der Webplattform, konnte das Projektkonsortium das netzwerkübergreifende Gesamtsystem mit den lokalen Teilsystemen validieren und weiterentwickeln (AP 5). Das Projektkonsortium entschied sich für eine Validierung auf Basis realer Aufträge zur Fertigung von Schaltschränken sowie Klemmenleisten. Hierzu wurden diese auf der

<sup>4</sup> <https://oauth.net/2/>

<sup>5</sup> <https://openid.net/connect/>

Plattform eingestellt und über das Feature der Auftragsvergabe den jeweiligen Projektpartner zugewiesen.

Für die Validierung der umgesetzten Features der Plattform, den damit verbundenen Prozessen und die Konnektivität zur AEM-Middleware wurde ein strukturierter Validierungsplan verwendet, welcher durch den LPS in Zusammenarbeit mit den anderen Projektpartnern erarbeitet wurde. Die genannten Aspekte wurden gezielt durch die Bearbeitung von Aufträgen mithilfe der Plattform validiert. Hierbei wurde der gesamte Prozess, begonnen bei der Auftragserstellung, über die Auftragsvergabe bis hin zur Bearbeitung der Aufträge und dem Tracking von Fortschritten durchgespielt. Während der Validierung wurden lediglich kleinere Optimierungen und Anpassungen der Funktionen durchgeführt. Grundlegende Veränderungen mussten nicht vorgenommen werden. Zu den kleineren Optimierungen und Anpassungen zählten z. B. die Erweiterung der Daten, welche über die REST-API übertragen werden oder die Anpassung/Ergänzung von definierbaren Stammdaten eines Projekts.

Die Vergabe von Aufträgen durch Erstellung von Projekten auf der Plattform und durch Zuteilung dieser Projekte basierend auf dem Bewerbungssystem war problemlos möglich. Auch wurde die Kommentarfunktion bereits im Rahmen der Validierung zum direkten Austausch zwischen Auftragnehmer und Auftraggeber ausgiebig verwendet. Mithilfe dieser Funktion konnten Frage- und Problemstellungen in der Auftragsverarbeitung (z. B. Rückfragen zur Beschaffung und Bereitstellung von Materialien oder Detail-Rückfragen zu Schaltplänen) gezielt gelöst werden. Der automatisierte Austausch von Projekt- und Fortschrittsdaten über die REST-API sorgte für einen durchgängigen Datenfluss zwischen der Plattform und dem Shopfloor der Projektpartner.

Insgesamt wurden alle Funktionalitäten der Plattform von den Projektpartner als positiv und nützlich bewertet.

Die Validierung hat somit gezeigt, dass die gesammelten Anforderungen und die herausgearbeiteten Konzepte sowie deren Umsetzung in Form der SSC-Plattform eine geeignete Grundlage zur Schaffung des angestrebten Wertschöpfungsnetzwerks für den Bereich des Schaltschrankbaus ist. Abseits der entwickelten Plattform zeigte die Validierung jedoch, dass noch weitere Schritte zur Optimierung der internen Organisation der Netzwerkteilnehmer unternommen werden müssen. Um das Ziel eines Wertschöpfungsnetzwerk mit effizienten Wertschöpfungsprozessen zur Kooperation und zur Erschließung positiver Synergieeffekte zwischen Komponenten- und Baugruppenlieferanten sowie Schaltschrank- und Anlagenbauern erreichen zu können, müssen weitere interne Fertigungs- und Organisationsprozesse der Netzwerkteilnehmer standardisiert werden.