



---

**PROMOTION**

***Gestaltung und Betrieb  
mobiler Produktionssysteme***

*Abschlussbericht des  
Forschungsprojektes ProMotion*

---

***Michael F. Zäh, Peter Bayerer (Hg.)***

---

# Inhaltsverzeichnis

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Inhaltsverzeichnis</b> .....   | <b>I</b>  |
| <b>Abbildungs- und Tabellenverzeichnis</b> .....  | <b>IX</b> |
| <b>Projektpartner</b> .....   | <b>XV</b> |
| <b>1 Mobilität der Produktion – eine neue Dimension der Wandlungsfähigkeit</b> .....          | <b>1</b>  |
| 1.1 Zielsetzung des Forschungsprojektes.....  | 2         |
| 1.2 Projektstruktur und Vorgehensweise .....  | 4         |
| <b>2 Mobile Anlagen – Basis für mehr Strukturvariabilität</b> .....                           | <b>7</b>  |
| 2.1 Mobilitätsausprägungen bei Produktionseinrichtungen.....                                  | 7         |
| 2.1.1 Anlagenmobilität .....  | 7         |
| 2.1.2 Teilemobilität .....  | 8         |
| 2.1.3 Personalmobilität.....  | 8         |
| 2.2 Die mobile Sonderwerkzeugmaschine.....  | 9         |
| 2.2.1 Die „hängende“ Werkzeugmaschine – Top-Table-Machining-Center .....                      | 9         |
| 2.2.2 Modularer Aufbau der Werkzeugmaschine .....   | 10        |
| 2.2.3 Nutzung von mehrachsigen Bearbeitungseinheiten .....                                    | 12        |
| 2.2.4 Einsatz von Linear- und Torquemotoren.....  | 14        |
| 2.2.5 Steigerung der Präzision durch Temperaturkompensation und Werkzeugkontrollsysteme ..... | 15        |
| 2.3 Die mobile Montage- und Prüfanlage.....   | 15        |
| 2.3.1 Steigerung der Flexibilität durch Modularisierung .....                                 | 16        |
| 2.3.2 Schnelligkeit und Mobilität durch Standardmodule.....                                   | 17        |

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| 2.3.2.1  | Das Aufnahmemodul.....   | 19        |
| 2.3.2.2  | Das Prozessmodul.....  | 20        |
| 2.3.2.3  | Das Steuerungs-/ Versorgungsmodul .....  | 21        |
| 2.3.3    | Mobilitätsszenarien bei Montageanlagen.....  | 23        |
| 2.4      | Die „mobile Bedieneroberfläche“ .....  | 27        |
| 2.4.1    | Interaktive Maschinenbedienung .....   | 28        |
| 2.4.2    | Sprach- und Personalmobilität .....  | 29        |
| 2.4.3    | Objektorientierte, PC-basierende Programmiersprache.....                           | 29        |
| 2.4.4    | Prozessvisualisierung .....  | 29        |
| 2.5      | Fazit.....   | 30        |
| <b>3</b> | <b>Flexibilisierung der Fabrikstrukturen.....</b>                                  | <b>33</b> |
| 3.1      | Bisherige Ansätze zur Steigerung der Flexibilität und Mobilität .....              | 34        |
| 3.1.1    | Projektdatenbank.....  | 34        |
| 3.1.2    | Kategorien .....   | 35        |
| 3.1.3    | Interdependenz Mobilität – Flexibilität.....                                       | 39        |
| 3.1.4    | Zuordnung der Anforderungsprofile der Projektpartner.....                          | 39        |
| 3.2      | Industriearchitektur als Befähiger innerer und äußerer Mobilität .....             | 41        |
| 3.2.1    | Strukturen zur Steigerung der Mobilität von Produktionssystemen                    | 41        |
| 3.2.2    | Typologie wandlungsfähiger Fabriken (variantenflexible, atmende<br>Fabriken) ..... | 46        |
| 3.2.2.1  | Positionierung der Anforderungsprofile der Projektpartner.....                     | 48        |
| 3.2.3    | Gebäudepotentiale für die stückzahl- und variantenflexible<br>Produktion .....     | 49        |
| 3.2.3.1  | Strategien in der Flexibilitätsplanung.....  | 49        |

|         |  |    |
|---------|--|----|
| 3.2.3.2 | Richtige Gebäudedimensionierung.....                                       | 50 |
| 3.2.3.3 | Gebäudepotentiale für die flexible Produktion.....                         | 50 |
| 3.2.3.4 | Vergleich der Strategien .....   | 55 |
| 3.2.3.5 | Gewachsene Strukturen .....  | 55 |
| 3.3     | Anforderungsprofile der Projektpartner.....                                | 56 |
| 3.3.1   | Strama-MPS .....   | 56 |
| 3.3.1.1 | Beschreibung der Produktionsstruktur.....                                  | 56 |
| 3.3.1.2 | Analyse der Standortressourcen.....  | 57 |
| 3.3.1.3 | Kriterienkatalog, Anforderungsprofil .....                                 | 59 |
| 3.3.1.4 | Beschreibung der spezifischen Anforderungen .....                          | 61 |
| 3.3.2   | BMW-Szenario „binärer Aufbau“ .....  | 62 |
| 3.3.2.1 | Produktionsstruktur bei BMW .....  | 62 |
| 3.3.2.2 | Anwendungsszenarien .....  | 63 |
| 3.3.2.3 | Gebäudekonzepte.....   | 63 |
| 3.3.2.4 | Anforderungen an die Gebäudestruktur.....                                  | 64 |
| 3.3.2.5 | Anforderungen an Mobile Anlagen zur Entlastung der<br>Gebäudestruktur..... | 66 |
| 3.4     | Pilotprojekt Strama-MPS, Straubing.....                                    | 66 |
| 3.4.1   | Schwerpunkt Boden.....   | 67 |
| 3.4.1.1 | Bereich Fertigung.....   | 67 |
| 3.4.1.2 | Bereich Montage.....   | 69 |
| 3.4.2   | Schwerpunkt Medienversorgung.....  | 70 |
| 3.4.3   | Schwerpunkt Tragwerk .....   | 71 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.4.3.1  | Nutzung unbekrankter Hallenschiffe durch Zwischenebenen.....                                    | 71        |
| 3.4.3.2  | Umsetzbare Zwischenebenen, Baukastensystem .....  | 71        |
| 3.4.3.3  | Partielle Überbauung .....  | 73        |
| 3.4.3.4  | Neubau.....   | 74        |
| 3.4.3.5  | Brandschutz .....   | 75        |
| 3.5      | Konzeptstudie mobiler Fabrikstrukturen .....  | 76        |
| 3.5.1    | Anforderungen an die Hallenstruktur.....  | 76        |
| 3.5.2    | Aufbau/ Umbau/ Rückbau als Qualität im Wandel des Produktzyklus<br>.....                        | 79        |
| 3.5.3    | Baukastenlogik zur Vermeidung von zu hohen Flexibilitäts- bzw.<br>Mobilitätsvorhaltekosten..... | 80        |
| 3.5.4    | Gebäudetechnische Versorgung der Hallen im Wandel der<br>Anforderungen .....                    | 82        |
| 3.6      | Planungspotentiale .....  | 84        |
| <b>4</b> | <b>Nutzung innerbetrieblicher Mobilitätspotentiale .....</b>                                    | <b>87</b> |
| 4.1      | Mobilität als zusätzlicher Freiheitsgrad.....   | 87        |
| 4.2      | Entwicklung einer Methodik zur Planung und Bewertung von<br>Rekonfigurationsprozessen.....      | 88        |
| 4.3      | Anforderungen an die Methodik.....  | 89        |
| 4.4      | Identifikation des Bedarfs zur Strukturadaption.....  | 91        |
| 4.4.1    | Leistungsorientierung.....  | 92        |
| 4.4.2    | Nutzungsorientierung.....   | 92        |
| 4.4.3    | Kostenorientierung.....   | 93        |
| 4.4.4    | Analyse der Stückzahlentwicklung.....   | 94        |

|          |   |            |
|----------|---|------------|
| 4.5      | Optimierung der bestehenden Produktionsstruktur .....                               | 96         |
| 4.5.1    | Kapazitätsplanung auf Basis von Arbeitsplanalternativen .....                       | 96         |
| 4.5.1.1  | Festlegung von Arbeitsplänen .....  | 96         |
| 4.5.1.2  | Auswahl einer Arbeitsplankombination .....  | 97         |
| 4.5.2    | Anpassung des Produktionslayouts .....  | 98         |
| 4.5.2.1  | Anlage von Planungsdaten .....  | 98         |
| 4.5.2.2  | Optimierung des Layouts mittels genetischer Algorithmen ....                        | 101        |
| 4.5.2.3  | Integration der Ablaufsimulation .....  | 103        |
| 4.6      | Bewertung von Strukturalternativen .....  | 103        |
| 4.6.1    | Zeitliche Veränderbarkeit von Kapazitäten .....                                     | 104        |
| 4.6.2    | Ermittlung von Leistungs- und Bereitschaftskosten .....                             | 105        |
| 4.6.3    | Auswahl einer Strukturalternative auf Basis von<br>Differenzdeckungsbeiträgen ..... | 106        |
| 4.7      | Zusammenfassung .....   | 108        |
| <b>5</b> | <b>Entwicklung eines mobilitätsbasierten Produktionskonzeptes .....</b>             | <b>111</b> |
| 5.1      | Mobilitätsszenarien .....   | 111        |
| 5.1.1    | Ziele der Mobilität .....   | 112        |
| 5.1.1.1  | Verbesserung der Wirtschaftlichkeit .....   | 112        |
| 5.1.1.2  | Strategische Positionierung .....   | 114        |
| 5.1.2    | Definition des Betrachtungsraums .....  | 114        |
| 5.1.3    | Verlagerungsoptionen .....  | 115        |
| 5.1.4    | Beschreibung des Verlagerungsszenarios .....  | 117        |
| 5.1.4.1  | Binärer Aufbau .....  | 118        |

|         |   |     |
|---------|---|-----|
| 5.1.4.2 | Verlagerung von Produkten während des Produktlebenszyklus ..... | 1   |
| 5.2     | Bewertung der Szenarien .....                                   | 1   |
| 5.2.1   | Aufwandsgrößen .....  | 1   |
| 5.2.1.1 | Monetäre Aufwandsgrößen .....                                   | 1   |
| 5.2.1.2 | Qualitative Aufwandsgrößen .....                                | 1   |
| 5.2.2   | Nutzeneffekte .....   | 12  |
| 5.2.2.1 | Monetäre Nutzeneffekte .....                                    | 12  |
| 5.2.2.2 | Qualitative Nutzeneffekte .....                                 | 12  |
| 5.2.3   | Bewertungsmethode .....   | 12  |
| 5.2.4   | Chancen .....   | 12  |
| 5.2.5   | Risiken .....   | 12  |
| 5.2.5.1 | Quantitative Risiken .....                                      | 12  |
| 5.2.5.2 | Qualitative Risiken .....                                       | 12  |
| 5.3     | Stellgrößen und Anforderungen .....                             | 130 |
| 5.3.1   | Logistikkonzept (Produktion) .....                              | 130 |
| 5.3.1.1 | Inboundlogistik .....   | 130 |
| 5.3.1.2 | Outboundlogistik .....  | 132 |
| 5.3.2   | Verlagerung von Produktionsanlagen .....                        | 132 |
| 5.3.2.1 | Ist-Zustand .....   | 133 |
| 5.3.2.2 | Soll-Zustand .....  | 134 |
| 5.3.2.3 | Basis für Kosten- und Zeitermittlung .....                      | 135 |
| 5.3.2.4 | Vergleich Ist-/ Sollzustand .....                               | 136 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 5.3.3   | Anlagenkonzept.....  | 137 |
| 5.3.3.1 | Aufteilung des Betrachtungsumfanges .....  | 138 |
| 5.3.3.2 | Konzept für verlagerungsfähige Karosseriebauanlagen .....                                | 140 |
| 5.3.4   | Gebäude.....   | 144 |
| 5.3.5   | Anforderungen an das Produkt.....  | 146 |
| 5.4     | Beispielszenario für Verlagerung eines Produkts während des<br>Produktlebenszyklus ..... | 147 |
| 5.4.1   | Beispielszenario/ Belegung des Werkes mit Produkten.....                                 | 147 |
| 5.4.2   | Bewertungsablauf.....  | 148 |
| 5.4.3   | Bewertung des dargestellten Verlagerungsszenarios .....                                  | 150 |
| 5.5     | Ausblick .....   | 152 |
| 5.6     | Fazit.....   | 153 |
| 6       | Literaturverzeichnis.....  | 155 |



# 1 Mobilität der Produktion – eine neue Dimension der Wandlungsfähigkeit

*Robert Cisek, iw*

Das Umfeld vieler Produktionsunternehmen ist durch steigende Kundenanforderungen, zunehmende Internationalisierung sowie weitere Diversifikation der Produkte geprägt. Dies führt zu hohem Innovationsdruck bei gleichzeitig abnehmender Prognostizierbarkeit der Absatzentwicklung. Die wachsende Turbulenz des Produktionsumfeldes erfordert eine immerwährende reaktionsschnelle Adaption der Produktionsstrukturen an die äußeren Anforderungen, um erfolgreich bleiben zu können.

In diesem Zusammenhang lag der Fokus lange Zeit auf der Erhöhung der Flexibilität innerhalb der Produktion. Flexibilität bezeichnet dabei die Fähigkeit eines Unternehmens, sich zwischen Szenarien zu bewegen (z.B. Stückzahlschwankungen), die bei der Planung des Produktionssystems bereits berücksichtigt werden konnten. Es handelt sich also um vorgehaltene, problemspezifische Lösungen, die einen definierten Flexibilitätskorridor schaffen. Vor dem Hintergrund abnehmender Planungssicherheit und der Tatsache, dass Produktlebenszyklus und Lebensdauer eines Produktionssystems immer weiter auseinander laufen (KLIMKE 2002), ist Flexibilität alleine nicht mehr ausreichend.

Erst durch die Wandlungsfähigkeit eines Unternehmens wird es möglich, auch jenseits eines geplanten Korridors zu agieren. Wandlungsfähigkeit wird als über Flexibilität hinausgehendes ungerichtetes bzw. lösungsneutrales Potential verstanden, das im Bedarfsfall aktiviert werden kann, um Anpassungen an veränderte Rahmenbedingungen vorzunehmen (ZÄH et al. 2004). Sie ermöglicht die schnelle Abstimmung der Produktion an die vom Markt gestellten Anforderungen auch jenseits vorher gedachter Lösungen.

Eine optimale Produktionsstruktur kann nur temporär existieren, bevor Verschiebungen im Auftragsspektrum eine Korrektur notwendig machen. Demgegenüber stehen langfristige und nur schwer revidierbare Standort- und Allokationsentscheidungen (Abbildung 1-1). Die Folge ist, dass in einzelnen Märkten, an einzelnen Standorten oder in Bereichen eines Standortes erhebliche Leerkosten realisiert werden, während auf der anderen Seite Kapazitätsengpässe auftreten. Eine mögliche Lösung heißt: Die temporäre Anpassung der Produktionsstruktur an das

# 1 Mobilität der Produktion – eine neue Dimension der Wandlungsfähigkeit

aktuelle Auftragspektrum. Das bedeutet Variabilität in der Fertigungsstruktur, Ortsflexibilität der Betriebsmittel und somit Mobilität in der Produktion (REINHART & CISEK 2003, ZÄH et al. 2003).

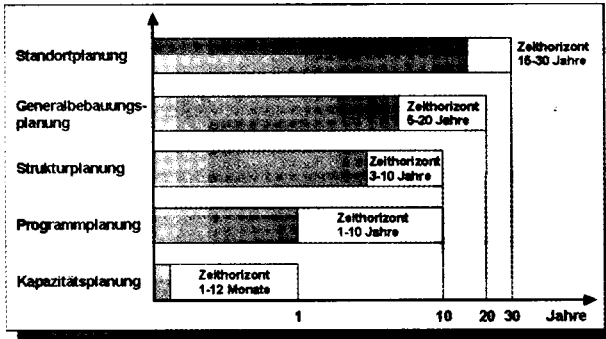


Abbildung 1-1: Zeithorizont verschiedener Planungsstufen nach EVERSHEIM 1996

## 1.1 Zielsetzung des Forschungsprojektes

Was versteht man unter ‚mobilen Produktionssystemen‘? Neben der Abstimmung der Abläufe an gegebene Rahmenbedingungen erfordert die Anpassung der Struktur Eingriffe in das Produktionslayout. Dies wird häufig durch den erheblichen Aufwand für die Verlagerung von Anlagen und gewachsene Gebäudestrukturen behindert.

Ziel ist daher der schnelle Auf- und Abbau von Funktionalität und Kapazität in Abhängigkeit der kontinuierlich wechselnden Anforderungen durch mobile Maschinen und Anlagen. Eine flexiblere Nutzungsmöglichkeit der Fabrikgebäude ist die Voraussetzung, um die freie Positionierbarkeit der Anlagen zu gewährleisten. Dies betrifft insbesondere die Medienversorgung, Stützenfreiheit sowie zulässige Boden- und Tragwerksbelastungen.

Der Mobilitätsansatz lässt sich auch auf eine standortübergreifende Nutzung erweitern. Man unterscheidet daher zwei Arten von Mobilität. Unter ‚innerer Mobilität‘ versteht man die Fähigkeit einer Fabrik, ihre Ressourcen am Standort anzupassen. ‚Äußere Mobilität‘ bezeichnet die Fähigkeit einer Fabrik, mit ihren Ressourcen den Standort zu wechseln (WIRTH et al. 2001).

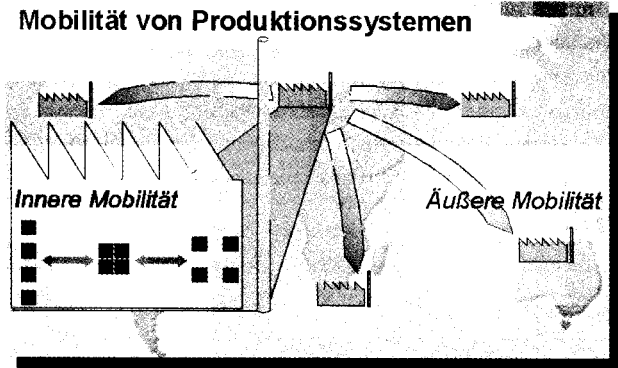


Abbildung 1-2: Betrachtungsebenen der Mobilität

Um Strukturmaßnahmen schnell und effizient umsetzen zu können, ist es notwendig, die zur Verfügung stehenden Ressourcen mobil zu gestalten. Während konventionelle Bearbeitungszentren oder Montagearbeitsplätze in der Regel bereits als mobil angesehen werden können, herrscht in diesem Punkt im Bereich der Sondermaschinen großer Nachholbedarf.

Bisher werden diese Anlagen beim Zulieferer aufgebaut, in Betrieb genommen, teilweise wieder zerlegt, verlagert und beim Kunden wieder aufgebaut. Eine Verlagerung der Anlage beim Kunden ist in der Regel nicht vorgesehen oder nur mit hohem Aufwand möglich. Um die Möglichkeit zu schaffen, diese Anlagen bei notwendigen Veränderungen der Produktionsstruktur neu anzuordnen, ist bereits bei der konstruktiven Gestaltung der Anlagen die Ortsflexibilität der gesamten Anlage sicherzustellen.

Ein Problem bei der Adaption an veränderliche Produktionsbedingungen sind die bestehenden Gebäudestrukturen. Die Fabrik ist in der Regel über die Jahre gewachsen, wobei sich die Erweiterungen vornehmlich auf die zusätzlich benötigte Fläche fokussierten. Bisher ist eine flexiblere Nutzung der Produktionsflächen durch statische Rahmenbedingungen wie z.B. max. Traglast der Fundamente oder der Transportkräne, ungenügende Versorgungseinrichtungen oder eingeschränkte Verbindungsmöglichkeiten der Produktionshallen begrenzt. Gerade im Hinblick auf mobile Produktionsanlagen ergeben sich hier neue Anforderungen an das Fabrikgebäude und die Gebäudeinfrastruktur. Im Fokus steht also die Schaffung von Freiräumen, um die Mobilität des Produktionssystems nutzen zu können.

## **1 Mobilität der Produktion – eine neue Dimension der Wandlungsfähigkeit**

---

Bisherige Treiber für Restrukturierungen sind vorwiegend Neuplanungen, der Anbau zusätzlicher Fabrikhallen oder Erneuerungen des Maschinenparks. Setzt man die Mobilität des Produktionssystems voraus, so ist die ständige Anpassung der Produktionsstruktur an veränderte Rahmenbedingungen, wie z.B. die Einführung neuer Produkte oder Prozesse, Veränderungen im Abrufverhalten oder das Erreichen bestimmter Phasen im Produktlebenszyklus, möglich.

Die Fabrik- bzw. Layoutplanung wird somit zu einer permanenten Betriebsaufgabe. Die Notwendigkeit zur Strukturveränderung muss fortwährend beurteilt werden. Daraus ergibt sich eine enge Verknüpfung zwischen Fabrikplanung und Fabriksteuerung. Der Aufgabenbereich der Fertigungsplanung muss daher um die Überwachung der Produktionsstruktur erweitert werden.

Auf Basis der Mobilität von Produktionssystemen lassen sich temporäre Fabrikkonzepte aufzeigen, die durch die Möglichkeit der Verlagerung das strategische Handlungsfeld der Unternehmung hinsichtlich veränderlicher Marktbedingungen erweitern. Dies soll im Folgenden am Beispiel eines Automobilherstellers verdeutlicht werden.

Die Verlagerung von Produkten bzw. deren Produktionseinrichtungen während des Produktlebenszyklus schafft die Möglichkeit, in einem so genannten Anlaufwerk die für den Produktionsbeginn erforderliche Engineering-Kompetenz zu nutzen. Nach dieser Phase ermöglichen mobile Produktionseinrichtungen die Verlagerung in ein Produktionswerk. Dieser Standort zeichnet sich durch eine optimale Kosten- und Marktstruktur für das Produkt aus. Ziel ist die Minimierung des Zeitfensters für die Verlagerung und des damit verbundenen Produktionsausfalls auch während der Hochphase des Produktlebenszyklus sowie die quantitative und qualitative Bewertung eines solchen Szenarios.

### **1.2 Projektstruktur und Vorgehensweise**

Die Entwicklungsaufgabe des Projektes „ProMotion“ ist die Realisierung mobiler Produktionssysteme. Diese ganzheitliche Aufgabenstellung erfordert die interdisziplinäre Einbindung von Forschungs- und Industriepartnern (Abbildung 1-3):

- Der schnelle Auf- und Abbau von Funktionalität und Kapazität durch mobile Produktionsanlagen wurde durch die Firma Strama-MPS Maschinenbau GmbH & Co. KG (Sondermaschinen- und Anlagenbau) realisiert.

- Unter der Führung des Lehrstuhls Entwerfen und Baukonstruktion der Universität der Künste Berlin (UdK) wurden Ansätze zur Modernisierung bestehender Bausubstanz untersucht und weiterentwickelt, um die Potentiale mobiler Produktionssysteme voll auszuschöpfen.
- Im Rahmen der Kooperation zwischen dem Institut für Werkzeugmaschinen und Betriebswissenschaften (iwb) der TU München und der Fauser AG (PPS-Softwaresysteme) wurde ein Werkzeug zur Planung und Steuerung von Rekonfigurationsprozessen umgesetzt.
- Am Beispiel der BMW Group wurden mobilitätsbasierte Produktionskonzepte zur Erweiterung der strategischen Handlungsfelder entwickelt und bewertet.
- Die Erfassung der baulichen Rahmenbedingungen zur Verlagerung von Fabrikbereichen bzw. ganzer Fabriken wurde von der Firma Arup GmbH (Ingenieur-Dienstleistung) durchgeführt.
- In Kooperation mit der Firma Scholpp GmbH & Co. KG (Montage- und Transportdienstleistung) wurden innovative Transport- und Logistiklösungen als Voraussetzung für die schnelle Standortverlagerung erarbeitet.

|  | Strama<br>iPPS | UdK | iwb | BMW | Fauser | Arup | Scholpp |
|--|----------------|-----|-----|-----|--------|------|---------|
| Mobile Anlagen   | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |
| Rekonfigurierbare<br>Fabrikgebäude                               | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |
| Planung von<br>Rekonfigurationsprozessen                         | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |
| Entwicklung mobilitäts-<br>basierter Produktionskonzepte         | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |
| Mobile Gebäudekonzepte   | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |
| Transport- und Logistiklösungen<br>für mobile Produktionssysteme | ●              | ●   | ●   | ●   | ●      | ●    | ●       |

Abbildung 1-3: Zusammensetzung des Verbundprojektes ProMotion

In den folgenden Beiträgen werden detailliert die Lösungsansätze sowie die erreichten Ergebnisse innerhalb der einzelnen Teilprojekte dargestellt. Kapitel 2

## **1 Mobilität der Produktion – eine neue Dimension der Wandlungsfähigkeit**

---

und 3 befassen sich dabei mit den Voraussetzungen für mobile Produktionssysteme, die durch die Mobilisierung der Produktionseinrichtung sowie die Flexibilisierung der Fabrikgebäude erreicht wird. Die folgenden Beiträge beschäftigen sich mit den Anwendungsmöglichkeiten mobiler Produktionssysteme. In Kapitel 4 liegt der Fokus auf der innerbetrieblichen Anpassung der Produktionsstrukturen an äußere Gegebenheiten. In Kapitel 5 werden zwei mobilitätsbasierte Produktionskonzepte zur standortübergreifenden Nutzung mobiler Produktionsressourcen vorgestellt.

Die vorgestellten Ergebnisse liefern einen Beitrag zur Steigerung der Wandlungsfähigkeit in produzierenden Unternehmen, um der Dynamik im Produktionsumfeld erfolgreich zu begegnen. Die Mobilität von Produktionssystemen bietet dabei einen zusätzlichen Freiheitsgrad, um Strukturanpassungen – sowohl innerbetrieblich als auch standortübergreifend – in Abhängigkeit veränderter Rahmenbedingungen durchzuführen. Auf diese Weise lassen sich die Risiken turbulenter Märkte moderieren.