

# Cardboard Engineering

Florens Burgert<sup>1</sup>, Benedikt Andrew Latos<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Arbeitswissenschaft der RWTH Aachen University, <sup>2</sup>Miele & Cie. KG

## Cardboard Engineering

Das Cardboard Engineering ist eine Methode, um in der Montageplanung verschiedene Tätigkeiten, Abläufe und Anordnungen alternativer Arbeitssysteme mit geringem Zeit- und Kostenaufwand physisch zu simulieren. Dazu werden geplante Arbeitsplätze mit einfachen, günstigen und leicht verfügbaren Materialien (z. B. Pappkarton) nachgebaut. Cardboard Engineering wird u. a. auch Physical Mock-Up, Kartonage-Simulation oder 3P genannt. (Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2013)

Typischerweise wird das Cardboard-Engineering in Workshops mit Mitarbeitenden aus verschiedenen Unternehmensbereichen durchgeführt, um Wissen und Erfahrungen der Mitarbeitenden zu nutzen. Das Ergebnis sind optimierte und validierte Montagekonzepte, die anschließend umgesetzt werden können. Cardboard Engineering ist somit ein effektives Hilfsmittel zum Übergang von Montageplanung zur Umsetzung des Montagekonzepts. (Schuh et al., 2010, S. 661 f.) Cardboard Engineering ergänzt die softwaregestützte Montageplanung (Gorecki & Pautsch, 2018, S. 183).



**Vorteile** (Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2013; Gorecki & Pautsch, 2018, S. 185)

- Transparente Planung von Prozessen
- Aktive Einbeziehung operativer Mitarbeiter
- Geringer Zeit- und Kostenaufwand
- Erprobung in einer frühen Planungsphase
- Identifikation von Verbesserungspotentialen, die sonst ggf. erst im Anlauf festgestellt werden
- Senken von Investitionskosten
- Vermeidung von Kosten in der Betriebsphase durch zielgerichtete Gestaltung und Optimierung
- Förderung der Zusammenarbeit und der Teambildung durch Integration der Mitarbeitenden
- Förderung der Änderungsbereitschaft und der Akzeptanz durch Integration der Mitarbeitenden



**Betrachtungsfelder** (vgl. Schuh et al., 2010, S. 661)

- Einfacher Montagetisch bis zu gesamter Montagelinie
- Ergonomisch gestaltete Arbeitsplätze
- Materialbereitstellung
- Einsatz von Hilfsmitteln und Vorrichtungen
- Montagezeiten und -prozesse

## Einordnung im Lean Management

Cardboard Engineering ist eine Methode des *Lean Managements*. Die Methode zielt vor allem auf das *Null-Fehler-Gestaltungsprinzip* ab. Demnach dient Cardboard Engineering der Identifikation und Behebung von Fehlern, um eine fehlerfreie Montage ohne Nacharbeit oder Ausschuss zu erreichen. (Krenkel & Lenzian, 2015, S. 93 f.) Bei der Durchführung des Cardboard Engineerings kann *Poka Yoke* als ergänzende Methode des Null-Fehler-Prinzips angewendet werden. Nach Poka Yoke gilt es, während des Cardboard Engineerings mögliche Fehlbehandlungen durch Unachtsamkeit zu erkennen und eine Gestaltung anzustreben, die diese Fehler präventiv verhindert (z. B. Materialbereitstellung durch Farben unterstützen, etwa blaue Behälter auf blauen Bereitstellplatz). Cardboard Engineering sollte im Idealfall als *kontinuierlicher Verbesserungsprozess* (KVP) wiederkehrend angewendet werden. (Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2012, 2013)



**FlexDeMo**

GEFÖRDERT VOM



Bundesministerium  
für Bildung  
und Forschung



ESF  
Europäischer Sozialfonds  
für Deutschland



EUROPÄISCHE  
UNION

Zusammen.  
Zukunft.  
Gestalten.

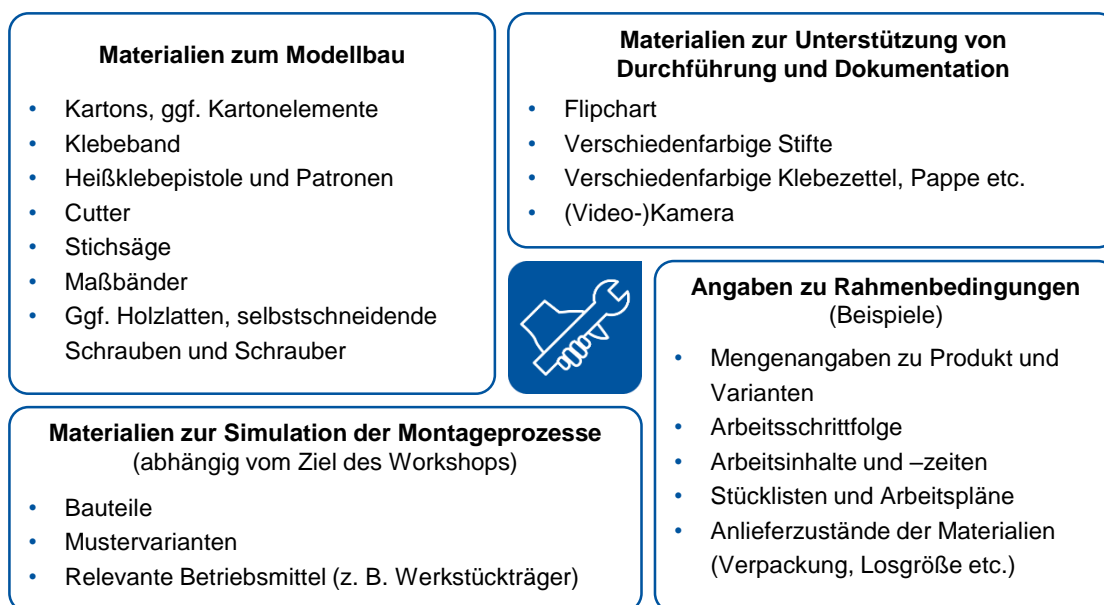


## **Cardboard Engineering Workshop** (vgl. Krenkel & Lenzian, 2015, S. 96–102)

Typischerweise wird Cardboard Engineering in drei- bis fünftägigen Workshops in der realen Montageumgebung durchgeführt (Schuh et al., 2010, S. 661). Nachfolgend werden die Phasen der Vorbereitung, Durchführung und Nachbereitung eines Cardboard Engineering Workshops dargestellt.

### **Phase 1: Vorbereitung des Workshops**

- **Festlegung der Teilnehmenden:**  
Die Teilnehmenden sollten aus verschiedenen Unternehmensbereichen kommen. Teilnehmende sind üblicherweise Mitarbeitende der Arbeitsplanung bzw. Arbeitsvorbereitung und operative Mitarbeitende aus Produktion und Logistik. (Verein Deutscher Ingenieure e.V., 2013) Weiterhin können Mitarbeitende aus Instandhaltung, Wartung und Einkauf, sowie Lieferanten einbezogen werden. Der Einbezug von Teilnehmenden aus verschiedenen Unternehmensbereichen garantiert die Nutzung einer breiten Wissensbasis. Der Einbezug operativer Mitarbeitenden schafft Verständnis für Belange, welche sich in der Praxis ergeben, erhöht die Akzeptanz, fördert die Zusammenarbeit und die Teambildung. (Gorecki & Pautsch, 2018, S. 183 ff.)
- **Festlegung der moderierenden Person:**  
Die moderierende Person leitet den Workshop. Sie muss zwischen den verschiedenen Interessen der Teilnehmenden vermitteln und mögliche Konflikte entschärfen können. (Gorecki & Pautsch, 2018, S. 184)
- **Festlegung des Ortes für den Workshop:**  
Es sollte für ausreichend Platz gesorgt werden, der für die Workshopdauer durchgehend genutzt werden kann. Tipp: Es ist hilfreich, den genutzten Bereich mit Klebeband auf dem Fußboden abzukleben und so zu visualisieren.
- **Bereitstellung der Materialien:**  
Abbildung 1 gibt einen Überblick über empfehlenswerte Materialien und Werkzeuge zur Durchführung des Workshops.



**Abbildung 1: Empfehlenswerte Materialien und Werkzeuge für Cardboard Engineering Workshop**

### **Phase 2: Durchführung des Workshops**

- **Schritt 1: Einleitung und Analyse**
  - Die moderierende Person stellt den Teilnehmenden die Ziele und Randbedingungen des Cardboard Engineering Workshops vor (z. B. Richtlinien zur ergonomischen Arbeitsplatzgestaltung etc.).
  - Die moderierende Person stellt die relevanten Produkte, Arbeitsinhalte, sowie weitere relevante Informationen vor.
- **Schritt 2: Erarbeitung der Montagemodelle**
  - Die Teilnehmenden werden angeleitet, gemeinsam oder in kleineren Teams das Montagekonzept (je nach Ziel des Workshops z. B. die Anordnung der Arbeitsplätze im Layout, Arbeitsplatzgestaltung, Arbeitsablauf etc.) unter Beachtung der Rahmenbedingungen zu erarbeiten und zu konkretisieren.
    - Tipp: Materialien wie Flipchart, Klebezettel, Stifte etc. nutzen
    - Tipp: Werkzeuge des Lean-Managements wie bspw. Brainstorming nutzen (Gorecki & Pautsch, 2018, S. 184)



- Das Montagemodell bzw. die Montagemodelle (i. d. R. Arbeitstische) werden gemeinsam mit den o. g. Materialien gebaut.
  - Das Modell wird üblicherweise im Maßstab 1:1 gebaut. Je nach Betrachtungsbereich ist ein kleinerer Maßstab und ein angepasster Detailgrad sinnvoll. (Schuh et al., 2010, S. 662)
- Durch die gemeinsame iterative Optimierung des Modells wird die beste Variante erarbeitet. Dazu wird der Montageablauf am Cardboard-Modell simuliert.
  - Tipp: Bedeutend ist die intensive Einbindung der Teilnehmer\*innen und die ergebnisoffene Erarbeitung (Schuh et al., 2010, S. 661)
- Die erarbeitete Variante des Cardboard-Modells wird dokumentiert.
  - Z. B. Dokumentation der Bemaßung, des Arbeitsablaufs, Fotos, Videos etc.
  - Das beste Montagemodell sollte eine detaillierte Abbildung des geplanten Prozesses bzgl. Montagevorgängen und Materialbereitstellung erlauben, um die Umsetzbarkeit des Modells zu gewährleisten. (Schuh et al., 2010, S. 661)
- Es wird gemeinsam ein Maßnahmen- und Zeitplan zur Umsetzung der Ergebnisse erarbeitet.

### Phase 3: Nachbereitung des Workshops

- **Aufbereitung der Ergebnisse:**  
Die moderierende Person erarbeitet ggf. eine Präsentation der Workshopergebnisse für das Management. Falls möglich sollten dazu die erarbeiteten Cardboard-Modelle genutzt werden. Das erhaltene Feedback sollte an die Teilnehmer\*innen des Workshops weitergegeben werden.
- **Umsetzung:**  
Die beste Variante wird umgesetzt.
  - Tipp: Es empfiehlt sich, die Cardboard-Modelle erst nach vollständiger Umsetzung abzubauen, damit während der Umsetzung ggf. Abläufe am Modell genauer betrachtet und bspw. Maße am Modell überprüft werden können.
- **Lessons Learned:**  
Um Cardboard Engineering Projekte im Sinne des KVP kontinuierlich zu verbessern (s. o.), sollte bspw. die Methode *Lessons Learned* angewendet werden. Dazu werden systematisch positive und negative Erfahrungen aller Beteiligten gesammelt. Aus den Erfahrungen werden Erkenntnisse abgeleitet, die zur Verbesserung zukünftiger Cardboard Engineering Projekte genutzt werden können.



### Tipps zur Anwendung von Cardboard Engineering

Mithilfe eines 3D-Druckers können die oben genannten Materialien zur Modellerstellung durch additiv gefertigte Elemente wie Vorrichtungen, Bauteilkomponenten etc. individuell ergänzt werden. Es ist jedoch zu beachten, dass der 3D-Druck in Abhängigkeit des 3D-Druckers und der Konstruktion mehrere Stunden dauern kann. (Lorenz, 2014)

Einige Anbieter bieten zur Erleichterung der Modellerstellung spezielle Materialien (insb. vorgeformte Kartonelemente) für Cardboard Engineering Projekte zum Kauf an.

Cardboard Engineering kann auch genutzt werden, um Produkte zu modellieren. Die nachgebildeten Produktmodelle können bspw. verwendet werden, um eine montagerechte Produktgestaltung sicherzustellen. (Schuh et al., 2010, S. 662 f.)

### Literatur

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2012). *Ganzheitliche Produktionssysteme - Grundlagen, Einführung und Bewertung* (2870-1:2012-07).

Verein Deutscher Ingenieure e.V. (2013). *Ganzheitliche Produktionssysteme - Methodenkatalog* (2870-2:2013-02).

Gorecki, P. & Pautsch, P. (2018). *Praxisbuch Lean Management: Der Weg zur operativen Excellence* (3. Aufl.). Hanser.

Krenkel, P. & Lenzian, H. (2015). Null Fehler-Prinzip. In U. Dombrowski (Hrsg.), *Lean Development: Aktueller Stand und zukünftige Entwicklungen* (S. 92–102). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-47421-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-662-47421-1_2)

Schuh, G., Kampker, A., Franzkoch, B., Wesch-Potente, C. & Swist, M. (2010). Praxisnahe Montagegestaltung mit Cardboard-Engineering. *Werkstattstechnik online*, 100(9), 659–664.

Lorenz, B. (2014). Cardboard Engineering 2.0. *Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, 109(1–2), 26–28. <https://doi.org/10.3139/104.111083>



**FlexDeMo**

