



Integrierte Fabrikplanung mit Umweltbausteinen

Hans-Wolfgang Ahrend, Claus-Gerold Grundig

Einleitung

Die klassische Fabrikplanung ist unabdingbar u. a. durch Aspekte des Qualitäts- und des Umweltmanagements zu erweitern und zu qualifizieren. Hier sollen stellvertretend die Belange der Umweltproblematik vordergründig erörtert werden.

Unternehmen müssen sich verstärkt den Umweltproblemen, die im Zusammenhang mit ihrer Leistungserstellung stehen, zuwenden. Nur bei umfassender Bewältigung der Problemkreise zur Umweltgerechtigkeit und -verträglichkeit können die Unternehmen einerseits den Forderungen der Gesellschaft und andererseits den Erwartungen der Kunden und Verbraucher bezüglich der Umweltverträglichkeit in allen Phasen des Produktlebenszyklus – also von der Produktidee bis hin zum Recycling und zur Entsorgung – gerecht werden.

Produktherstellung, -recycling und -entsorgung werden ursächlich eben auch durch den Entwurf der betreffenden Fabrikstrukturen – der Fabrikplanung – entscheidend geprägt. Bei Integration der fabrikökologischen Aspekte ab Konzeptphase der Fabrikplanung kann abgesichert werden, daß ab Inbetriebnahme neuer Fabrikstrukturen umweltverträglich produziert, recycelt und entsorgt wird.

Fragen der Zulieferungen und den sich daraus ergebenden Umweltproblemen werden nicht erörtert. Hierzu wird auf die Literaturstelle [1] verwiesen.

Beziehungen der Umweltbausteine zur Fabrikplanung

Die entwickelten Umweltbausteine orientieren sich an den Hauptaktivitäten der Fabrikplanung:

- Funktionsbestimmung mit dem Schwerpunkt Teilesortimentsaufbereitung
- Dimensionierung mit den Schwerpunkten Auswahl der Fertigungsverfahren, der Betriebsmittel, der Fertigungshilfsstoffe sowie der ökologiegerechten Entsorgung der festen und flüssigen Abprodukte
- Strukturierung und Gestaltungslösung mit dem Schwerpunkt der umweltverträglichen Layoutfindung.

Es wurden insgesamt fünf Fabrikplanungs-Umweltbausteine erarbeitet:

- Fa-Pla-UBST 1 „Ökologische Teilesortimentsaufbereitung“
- Fa-Pla-UBST 2 „Auswahl umweltverträglicher Fertigungsverfahren und Betriebsmittel (WZM)“

- Fa-Pla-UBST 3 „Umweltbewußter Medieneinsatz – Kühlschmiermitteleinsatz“
- Fa-Pla-UBST 4 „Umweltverträgliche Entsorgung/ umweltverträgliches Recycling fester und flüssiger Abprodukte“
- Fa-Pla-UBST 5 „Ökologieorientierte Layoutfindung“

Diese Umweltbausteine befähigen den Fabrikplaner/Projektanten, rechtzeitig und umfassend die Umwelterfordernisse in den Fabrikplanungsentwurf simultan mit einzubringen. So wird ein nachträgliches Aufpfropfen der umzusetzenden Umwelterfordernisse vermieden. Bereits im Planungsstadium lassen sich entsprechende Erkenntnisse des späteren Fabrikbetriebs im voraus erkennen. Falls notwendig, sind geeignete Maßnahmen schon im Planungsablauf einzubinden, so daß sich als Planungsergebnis eine umweltverträgliche Fabrikstruktur ergibt. Stellvertretend werden nachfolgend die Fabrikplanungs-Umweltbausteine Fa-Pla-UBST 1 und Fa-Pla-UBST 3 näher erörtert.

Zum Fabrikplanungs-Umweltbaustein 1

Das Bild 1 zeigt den Umweltbaustein 1 für den Herstellprozeß. Vorrangig orientiert dieser Umweltbaustein darauf, den Energiebedarf eben im Produktionsprozeß zu minimieren. Weniger Energieverbrauch insgesamt entlastet u. a. die Umwelt bei der Energieerzeugung, schon die Ressourcen.

Die Analyse der Teilesortimentsmerkmale zeigt deutlich mögliche Auswirkungen auf den Bearbeitungsaufwand und damit auf den Energieverbrauch beim Produzieren. Die Frage nach der Verbesserung der Umweltverträglichkeit – Energiebedarfsabsenkung – ist differenziert zu beantworten. Die Teilesortimentsmerkmale 1 – 2 sind nur durch Neukonstruktion der zu fertigenden Erzeugnisse im Vergleich zum bestehenden bzw. bisher geplanten Sortiment umweltverträglicher zu gestalten. Auch die Merkmale 3 – 5 liegen im Verantwortungsbereich der Abteilung Konstruktion. Für das Teilesortimentsmerkmal 5 sind auch die Qualitätssicherer angesprochen. Für die Sortimentsmerkmale 6 – 8 zeichnet der Fabrikplaner verantwortlich. In die Überlegungen zum Merkmal 6 fließen selbstverständlich auch Marketing-erfahrungen und -bemühungen ein. Es ist mithin festzustellen, die Arbeit mit dem Umweltbaustein 1 für den Herstellprozeß ist ressourcenübergreifend.

Selbstverständlich bestehen Wechselbeziehungen zu anderen Fabrikplanungsumweltbausteinen. Das Teilesortiment beeinflusst sehr bedeutsam beispielsweise die Auswahl der Fertigungsverfahren und der Betriebsmittel sowie in hohem Maße einen evtl. Kühlschmiermitteleinsatz (siehe Bild 2).



Fabrikplanungs-Umweltbaustein 1: Herstellungsprozeß			
Teilesortimentsmerkmale	Bearbeitungsaufwand	Energiebedarf	Umweltverträglichkeit beeinflussbar durch
1. Grundform Prisma – Rota	höher – niedriger	höher – niedriger	umweltverträgliche Neukonstruktion der Teile -> energiedämpfende Herstellungsprozesse
2. Ergänzungsform (Einstiche, Absätze, Verzahnungen ...)	zusätzlicher Aufwand	zusätzlich	
3. Abmessungsgruppe sehr klein – sehr groß	niedriger – höher	niedriger – höher	Weiterentwicklung der Teile – bessere Leistungs-Masse-Verhältnisse
4. Werkstoffgruppen sehr leicht bis sehr schwer zerspanbar	niedriger – höher	niedriger – höher (KSS-Einsatz) ¹	Ersetzen schwer zerspanbarer Werkstoffe durch besser zerspanbare Werkstoffe, wenn Funktionserfüllung es ermöglicht
5. Qualitätsgruppe IT 18 - IT 1	niedriger – höher	niedriger – höher	Entfeinerung nicht erforderlicher IT-Qualitäten
6. Jahresstückzahl n_j Losgröße n_L sehr groß – sehr klein	bedeutsam niedriger – höher	niedriger – höher	Bilden von Teilefamilien/Gruppen zwecks Erhöhen von n_j und n_L
7. Stabilität der Teile sehr stabil – sehr labil	niedriger – höher	niedriger – höher	Stabilität der Teile bzw. Stabilität der aufgespannten Teile erhöhen
8. Differenz Rohling – Fertigteilabmessung sehr klein – sehr groß	niedriger – höher	niedriger – höher	Rohling auf Fertigteilabmessungen optimal abstimmen $\Delta Abm \rightarrow 0$

Bild 1: Fabrikplanungs-Umweltbaustein 1 bezogen auf den Herstellungsprozeß

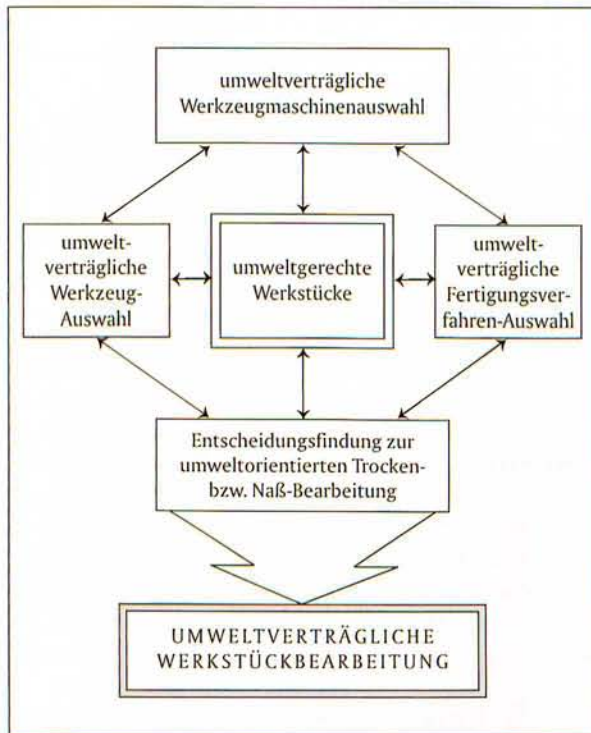


Bild 2: Beziehungsgefüge der Umweltbausteine 1 und 2 für umweltverträgliche Werkstückbearbeitung

Für Recyclingprozesse sind weitere Produktmerkmale, wie z. B. Anzahl unterschiedlicher Werkstoffe, Demontagegerechtigkeit der Produkte und Produktkomponenten, die Konstruktionsart (Schweißkonstruktion, Schraub-, Klebkonstruktion) signifikant. Dieser Problembereich wird zu einem späteren Zeitpunkt detailliert behandelt.

Im Bild 3 ist der Umweltbaustein 2, Teil umweltverträgliche Fertigungsverfahren, dargestellt. Die umweltrelevanten Merkmale der spanenden Fertigungsverfahren werden hinsichtlich ihrer wesentlichen Umweltauswirkungen charakterisiert. Zur Verminderung, falls möglich zur Vermeidung negativer Umweltauswirkungen, werden Möglichkeiten zur Verbesserung der Umweltverträglichkeit der anzuwendenden Fertigungsverfahren aufgezeigt. Der Fabrikplaner wird damit auf die Auswahl möglichst umweltverträglicher Fertigungsverfahren schon in frühen Planungsphasen orientiert.

Diese Fertigungsverfahrensauswahl engt folglich das mögliche Lösungsfeld für die Betriebsmittelauswahl einerseits ein, sichert aber andererseits die Auswahl umweltverträglicher Werkzeugmaschinen grundsätzlich ab. Insbesondere durch die Konzentration der durchführbaren Arbeitsvorgänge auf nur eine Werkzeugmaschine (BAZ) können weitere Umwelteffekte erreicht werden. Die Komplett-/Fastkomplettbearbeitung auf einem Bearbeitungszentrum (BAZ) bzw. auf maximal zwei Werkzeugmaschinen wirkt sich energiebedarfsdämpfend und umweltentlastend aus.

Die konsequente Nutzung aller eingangs aufgezeigten Fabrikplanungsumweltbausteine sichert bereits planungsseitig ab, daß eine umweltgerechte/umweltverträgliche Fabrikstruktur entworfen wird.

Zum Fabrikplanungsbaustein 3

Der Einsatz von Kühlschmierstoffen (KSS) ist heute noch immer bei vielen Fertigungsaufgaben unerlässlich. Die zu zerspanenden Werkstoffe bestimmen vordergründig sehr wesentlich die einzusetzenden KSS. Beim KSS sind drei Aspekte signifikant:



Fabrikplanungs-Umweltbaustein 2: Teil spanende Fertigungsverfahren					
Ifd. Nr.	Fertigungsverfahren Bezeichnung/Merkmal		Umweltauswirkungen		Verbesserung der Umweltverträglichkeit
			1.1	1.2	
1	geometrisch bestimmte Schneide 1.1	geometrisch unbestimmte Schneide 1.2	Energiebedarf normal als bei 1.1	Energiebedarf bedeutsam höher	FV mit geometrisch bestimmter Schneide möglichst einsetzen
2	▽ ⇨ ▽ ▽ ⇨ ▽ ▽ ▽		Energiebedarf gesamt ¹⁾ EB _{ges2}		Bei Gewährleistung der vorgegebenen Werkstückqualitäten ist die FV-Kombination (Abarbeitungsfolge) zu wählen, die den geringsten Gesamtenergieaufwand verursacht
3	▽ / ▽ ▽ ⇨ ▽ ▽ ▽		EB _{ges3} < EB _{ges2}		
4	▽ / ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽		EB _{ges4} = EB _{ges min} < EB _{ges3}		
5	▽ ⇨ ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽		EB _{ges3} >> EB _{ges5} > EB _{C4}		
6	Trockenbearbeitung	Naßbearbeitung	Kein KKS-Einsatz	KKS-Einsatz Minimalmengenverbrauch Normalmengenverbrauch	Reihenfolge der Anwendung ²⁾ 1. Trockenbearbeitung 2. Naßbearbeitung – Minimalmenge 3. Naßbearbeitung – Normalmenge

1) Energiebedarf für Bearbeitung, Werkzeug und Werkstück-/Maschinenwechsel
 2) anzuwendende Variante muß Werkstückqualität und wirtschaftliche Bearbeitung gewährleisten
 FV: Fertigungsverfahren
 ▽-Schruppen (Werkzeug ▽); ▽ ▽-Schlichten (Werkzeug ▽ ▽); ▽ ▽ ▽-Fein-/Feinstschlichten (Werkzeug ▽ ▽ ▽); ▽ / ▽ ▽-Schrupp-Schlichten (Werkzeug ▽ / ▽ ▽); ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽-Schlichten-Fein-/Feinstschlichten (Werkzeug ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽); ▽ / ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽-Schruppen-Schlichten-Fein-/Feinstschlichten (Werkzeug ▽ / ▽ ▽ / ▽ ▽ ▽)

Bild 3: Fabrikplanungs-Umweltbaustein 2 (Teil 1) bezogen auf den Herstellungsprozeß

- technisch-technologische Aspekte:
KSS kühlen, schmieren,
KSS spülen Späne aus der Wirkstelle,
KSS tragen so zum stabilen Prozeßablauf bei,
- wirtschaftliche Aspekte:
durch den KSS-Einsatz wird eine Werkzeugverschleißminderung ermöglicht, so daß sich längere Standzeiten der Werkzeuge ergeben;
die Bauteileigenschaften der Werkstücke bleiben erhalten, damit entfallen Nachbesserungen;
- ökologische Aspekte:
KSS ist Gefahrenpotential für Wasser, Luft und Boden; Leckadeverluste bei Herstellung, Transport und Gebrauch geraten häufig außer Kontrolle und verursachen so zusätzliche Umweltbelastungen;
es treten Emissionen und Schädigungen auf beim Gebrauch der KSS auf – Verdampfen von KSS-Anteilen, Ölnebel, Rauche – dies kann Gesundheitsrisiken hervorrufen (Hautschäden, Hautreizungen, Atembeschwerden);
KSS ist nach der Altölverordnung zu entsorgen (kostenaufwendig).

Um den KSS-Verbrauch prinzipiell zu senken, sind die eingesetzten KSS rechtzeitig zu recyceln. Ein ordnungsgemäßes KSS-Recycling erbringt folgende Effekte:

1. die Bakterienbelastung der KSS wird minimiert,
2. die Feststoffbelastung der KSS wird minimiert,
3. Verminderung der Korrosion an Maschine und an den Werkstücken,
4. längere Werkzeugstandzeiten,
5. geringere KSS-Entsorgungsmengen insgesamt,
6. weniger KSS-Neubedarf,
7. Abbau der Gesundheitsrisiken.

- Durch mobile KSS-Recycling-Einheiten ist KSS-Recycling auch in KMU durchaus umsetzbar. Zum KSS-Einsatz können sechs Leitlinien postuliert werden:
1. grundsätzlich KSS mit hohen Standzeiten (Gebrauchsdauer) einsetzen,
 2. möglichst leicht entsorgbare KSS verwenden,
 3. biologisch abbaubare KSS nutzen, wenn kostenmäßig tragbar,
 4. KSS-Einsatz vermeiden vor vermindern,
 5. KSS-Neubedarf durch KSS-Recycling reduzieren,
 6. möglichst Mehrbereichs-KSS-Sorten einsetzen, um KSS-Sortenvielfalt zu vermindern.

Die Auswirkungen der KSS-Umweltbelastungen müssen immer beherrscht werden, besser solche Belastungen treten überhaupt nicht auf. Bezüglich Umweltschutz, Gesundheits- und Arbeitsschutz wird erwartet, daß die einzusetzenden KSS mindestens folgenden Forderungen genügen:

1. KSS sollen/müssen biologisch abbaubar sein,
2. KSS sollen/müssen zumindest schadstoffarm sein,
3. KSS müssen weitestgehend hautverträglich sein,
4. KSS müssen weitestgehend atemwegsverträglich sein.

Wirkungsrichtungen und -intensitäten aller KSS-Einflußgrößen ergeben das resultierende KSS-Wirkungsverhalten. Die KSS-Gesamtverträglichkeit rekrutiert sich aus den Komponenten:

1. Fertigungsaufgabenverträglichkeit,
2. Umweltverträglichkeit,
3. Gesundheitsverträglichkeit,
4. Recycling- und Entsorgungverträglichkeit,
5. Vereinheitlichungsverträglichkeit (nutzen von Mehrbereichs-KSS),
6. Wirtschaftlichkeitsverträglichkeit.



KSS-Auswahl und -Einsatz richten sich also nach der Gesamtverträglichkeit der KSS, die zur Disposition stehen. Die sechs aufgeführten Verträglichkeiten sind zugleich die Beurteilungskriterien zur endgültigen KSS-Auswahl. Die umweltrelevanten Komponenten werden gegenwärtig immer mehr zum entscheidenden Bewertungskriterium. Bio-KSS beispielsweise sind sehr gut biologisch abbaubar und schadstofffrei bzw. -arm. Ein geeignetes Arbeitsinstrumentarium zur KSS-Auswahl und zum KSS-Einsatz ist die aufgezeigte Schrittfolge:

- Schritt 1: Leitlinien für den umweltgerechten KSS-Einsatz erarbeiten und befolgen;
- Schritt 2: Fertigungsaufgaben analysieren hinsichtlich des KSS-Wirkungsfeldes;
- Schritt 3: Entscheidung, ob Naß- oder Trockenbearbeitung (bei Trockenbearbeitung kein KSS-Einsatz);
- Schritt 4: KSS-Zuführungsmengenbedarf möglichst minimieren;
- Schritt 5: KSS unter dem Öko-Aspekt bei Sicherung technisch-wirtschaftlicher Erfordernisse auswählen;
- Schritt 6: umwelt- und gesundheitsverträglicher KSS-Einsatz;
- Schritt 7: KSS-Recycling zur Gebrauchsverlängerung;
- Schritt 8: KSS-Recycling für Verwertung;
- Schritt 9: gemeinwohlverträgliche KSS-Entsorgung;
- Schritt 10: KSS-Kreislauf organisieren und absichern;
- Schritt 11: Überprüfung, ob Leitlinien zu KSS-Auswahl und -Einsatz erfüllt sind; bei ja: okay; bei nein: überarbeiten, bis Zielstellungen erreicht sind!

Die Abarbeitung dieser Schrittfolge schließt folglich Schleifenprozesse mit ein, und zwar immer dann, wenn die vorgegebenen Ziele nicht gewährleistet werden können. Der Fabrikplanungsbaustein Fa-Pla-UBST 3 verdeutlicht ebenso wie der Baustein 1, daß die ökologieorientierte Fabrikplanung unabdingbar ist. Die Integration aller fünf Fabrikplanungs-Umweltbausteine in die Fabrikplanung ist mithin durchzusetzen.

Zusammenfassung

Die vorgestellten Umweltbausteine zur Fabrikplanung erweitern und vervollständigen das Planungsinstrumentarium zum Entwurf erfordernisgerechter Fabrikstrukturen unter dem Aspekt fabrikökologischer Belange zur Schonung der Umwelt. Selbstverständlich sind diese Bausteine auch anwendbar im produzierenden Fabrikbetrieb zur Erhöhung der Umweltverträglichkeit der laufenden Herstellprozesse. Die entwickelten Umweltbausteine sind folglich nicht auf den Bereich der Fabrikplanung beschränkt, sondern auch für den Fabrikbetrieb nutzbar. Das Progressive ist, daß mit den Umweltbausteinen für die Planungsebene schon Umweltverträglichkeitsbetrachtungen möglich sind und noch vor Inbetriebnahme neuer, modernisierter umstrukturierter Fabriken/Fabrikanlagen evtl. Umweltprobleme gezielt einer akzeptablen Lösung zugeführt werden können.

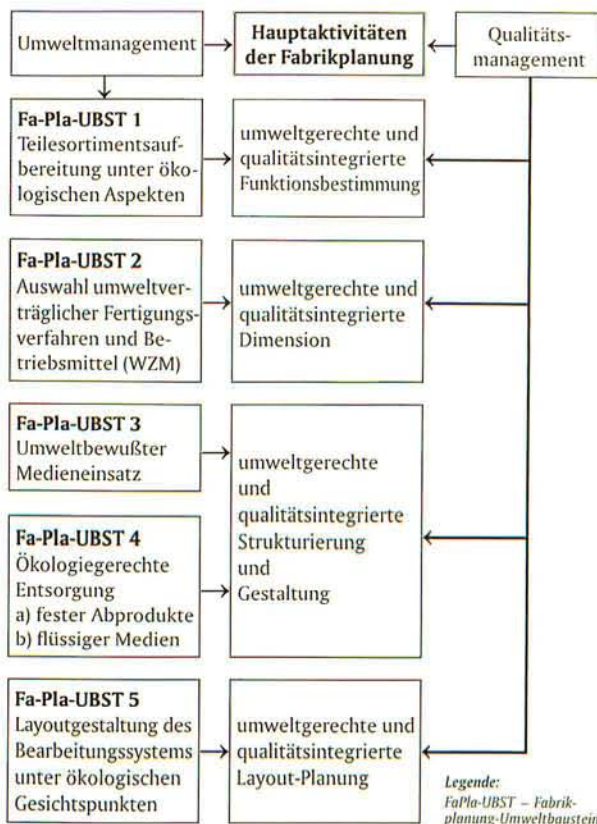


Bild 4: Integration der Umweltbausteine in den Methodenbereich der Fabrikplanung

Bild 4 zeigt grundsätzliche Prinzipien der Integration der Umweltbausteine (Umweltmanagement) in den Methodenbereich der Fabrikplanung, wobei zugleich Integrationsaspekte des Qualitätsmanagements angedeutet sind. Umwelt-Qualitäts-Management ist im Komplex in die Fabrikplanung zu integrieren, da beide Managementsysteme viele Gemeinsamkeiten aufweisen. Differenzierungen sind im gesamten Beziehungsgefüge der Planungssystematik so einzuordnen, daß sie sachlich geordnet und im „ausgewogenen Verhältnis“ zueinander und zu den Kernfunktionen die integrative Fabrikplanung vervollständigen.

Literatur

(1) Ahrend, H.-W.; Wagenhaus, G.: Fertigungstiefe – Zulieferer – Umweltbelastung, Aspekte zur unternehmensübergreifenden Fabrikplanung. wt Produktion und Management 84 (1994) 7/8, S. 360-363.

Verfasser

Doz. Dr.-Ing. habil. Hans-Wolfgang Ahrend
 Otto-von Guericke-Universität Magdeburg
 Institut für Arbeitswissenschaft, Fabrikautomatisierung und -betrieb (IAF)
 Tel. (03 91) 671 26 37

Prof. Dr.-Ing. Claus-Gerold Grundig
 Technische Fachhochschule Wildau
 Fachbereich Ingenieurwesen/Wirtschaftsingenieurwesen
 Tel. (0 33 75) 507-171