

Im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE)

ECODESIGN

2. Teil

Planungshilfe

„Evaluation energieeffizienter

Maschinen & Geräte“

Rainer Züst	Züst Engineering AG
Jürg Hauenstein	Mettler-Toledo AG
Lukas Weiss	inspire AG / ETH Zürich
Timo Schudeleit	inspire AG / ETH Zürich

Version: 9. Dezember 2014

Auftraggeber

Bundesamt für Energie (BFE), EnergieSchweiz, CH-3003 Bern

Das BFE ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

Auftragnehmer

Züst Engineering AG, sowie inspire AG / ETH Zürich

Autoren

Rainer Züst, Züst Engineering AG

Jürg Hauenstein, Mettler-Toledo AG

Lukas Weiss, Timo Schudeleit, inspire AG / ETH Zürich,

Begleitgruppe

Sepp Keller (Vorsitz), Swissmem

Christoph Blättler, Swissmem

Roland Frick, Swissmechanic

Felix Heimgartner, SMZ

Roger Roth, IST

Christian Wirz, WERZ / HSR

Jacques Richard, HES

Adriano Nasciuti, SUPSI

Martin Stöckli, inspire academy / inspire AG

Conrad Brunner, S.A.F.E.

Die Planungshilfe „Evaluation energieeffizienter Maschinen & Geräte“ wurde im Rahmen des Schulungsprojekts „Systematische Konzeption & Ausgestaltungen der Schulung inkl. Umsetzung“ im Bereich energie-effizienter Maschinen & Geräte“ im Auftrag des Bundesamtes für Energie (BFE) verfasst.

Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Züst Engineering AG

Eichbühlstrasse 6

8607 Seegräben

Telefon +41 44 932 51 59

rainer.zuest@zuestengineering.ch / www.zuestengineering.ch

inspire AG / ETH Zürich

CLA, ETH Zentrum

CH-8092 Zürich

Telefon +41 44 633 08 03

weiss@inspire.ethz.ch / www.inspire.ethz.ch

Inhaltsverzeichnis

1. Grundlagen	4
1.1 Herausforderung: Energie-Effizienzsteigerung von 25 – 35 % in 10 Jahren	4
1.2 Vordenken – Erneuerungspotential rechtzeitig erkennen	5
1.3 Vermeidung von Verschwendung	6
1.4 Planungsaufwand und Einsparpotential	8
2. Systematisch Evaluieren – von Anfang an richtig!	10
3. Die Planungsschritte im Einzelnen	12
3.1 Vorhaben vorbereiten, inkl. Kontrollfragen	12
3.2 Strategie entwickeln, inkl. Kontrollfragen	16
3.3 Konzept erarbeiten, inkl. Kontrollfragen	19
3.4 Beschaffung, Inbetriebnahme und Abnahme, inkl. Kontrollfragen	22
4. Umsetzung	25
4.1 Neubeschaffung einer Werkzeugmaschine	25
4.2 Integration & Verankerung im Prozessmanagement	28
4.3 Checklisten	30
4.3.1 Checkliste: Abklärung bauliche Massnahmen	30
4.3.2 Checkliste: Abklärung gesetzliche Vorschriften	31
4.3.3 Interview-Leitfaden: Umwelt-Aspekte	32
Referenzen	36
Hinweis auf weitere Planungshilfen	36

1. Grundlagen

1.1 Herausforderung: Energie-Effizienzsteigerung von 25 -35 % in 10 Jahren

Die „richtigen“ Maschinen & Gerä- te evaluieren

Jedes Unternehmen, ob Produktionsbetrieb oder Dienstleister, beschafft neue Produkte, Maschinen und Anlagen für seine eigene „Produktion“. Diese Betriebsmittel werden benötigt, um entsprechende Dienstleistungen und Produkte anbieten respektive produzieren zu können.

Der Betrieb dieser Maschinen & Geräte bewirkt in der Nutzung einen Ressourcenverbrauch – dieser hängt primär von Nutzungsart und Nutzungsintensität sowie der Effizienz der eingesetzten Betriebsmittel ab.

Es stellt sich deshalb die Frage, wie dieser Planungs- und Entscheidungsprozess im Hinblick auf eine höhere Energieeffizienz unterstützt werden kann. Die vorliegende Planungshilfe soll diesen Prozess unterstützen.

Der Ressourcen- verbrauch ist die Folge von Planungs- und Entscheidungs- prozessen

Bei der Auswahl und Beschaffung dieser Maschinen & Geräte wird in einem hohen Mass bereits der spätere Ressourcenverbrauch festgelegt. Untersuchungen zeigen, dass in der Evaluation neuer Maschinen & Geräte in der Regel weit mehr als 2/3 der später anfallenden Ressourcenverbräuche festgelegt werden; gleiches gilt für die Betriebskosten. Will nun ein Unternehmen nachhaltig die Betriebskosten wie auch den Ressourcenverbrauch in der Produktion senken, müssen von Anfang an die „richtigen“ Betriebsmittel ausgewählt und beschafft werden.

Und was heisst dies für die Evaluation? Es genügt nicht, nur Geräte und Maschinen mit effizienteren Funktionen einzufordern. Es muss auch in hohem Mass die Anwendung respektive die Integration in ein übergeordnetes System betrachtet werden.

Bei Produktionsmaschinen und Produktionseinrichtungen beispielsweise ist es die spezifische Integration in eine Halle unter Berücksichtigung bestehender Energie- und Medienversorgung und allenfalls spezieller klimatischer Konditionierung. Deshalb müssen hier Lieferant, Nutzer und Beschaffer enger zusammenarbeiten und kundenspezifische Lösungen im Sinne einer Systemoptimierung ausarbeiten.

Verbesserungs- potential von durchschnittlich 25% - 30%

Eine Studie in der Schweizer Maschinen-, Elektro- und Elektronikindustrie zeigt, dass ein Ecodesign-Verbesserungspotential im Bereich Energieeffizienz von 25-35% für die nächsten 10 Jahre besteht¹. Notwendig sind umfassendere „Systemoptimierungen“. Da sprechen wir auch von „over compliance“, denn dieser Teil ist zumindest im Bereich Maschinen & Geräte rund 4x grösser als der durch Gesetze und Verordnungen direkt angesprochenes Verbesserungspotential.

Warum ist dem so? Gesetze und Normen sind regelbasiert; typischerweise werden damit im industriellen Kontext einzelne Komponenten und Baugruppen angesprochen. Ein Beispiel sind effizientere Antriebssysteme. Diese sind Teil des ganzen Produkts.

Produkte werden unterschiedlich intensiv betrieben und genutzt; so werden selbst Standardmaschinen und -geräte durch die spezifische Anwendung und die Integration beispielsweise in klimatisierte Hallen zu „Sondermaschinen“. Es ist deshalb gleichzeitig die Maschine, die Art und Dauer der Anwendung wie auch die Hallenintegration, d.h. der Abgleich mit der Haustechnik zu optimieren. Mit dieser umfassenderen Systembetrachtung erweitern sich der „Lösungsraum“ und damit auch das Optimierungspotential. Die Ausgangslage für Verbesserungen wird attraktiver – das Vorgehen hingegen wird deutlich anspruchsvoller.

¹ Ecodesign-Potenzialanalyse in der Schweizer MEM-Industrie - eine explorative Studie; bearbeitet von R. Züst, S. Züst (Züst Engineering AG) und S. Studer (Swissmem), 2010

1.2 Vordenken – Erneuerungspotential rechtzeitig erkennen

Pro-aktiv handeln oder warten? Wann fällt eine Evaluation an? Ist genügend Zeit vorhanden, seriöse Abklärungen zu tätigen? Tabelle 1 zeigt unterschiedliche Planungssituationen und die entsprechenden „Zeitreserven“ für systematische Abklärungen.

Treiber / Auslöser		Zeit-Reserven für Planung und Herausforderung	Bemerkungen
Neubeschaffung			
1	Neubeschaffung, z.B.: - neue Produktionsprozesse, - neue Produktlinien, - (Kapazitäts-) Erweiterung, - ...	Zeit in der Regel vorhanden, falls Investitionsvorhaben bekannt. <i>Herausforderung:</i> <i>rechtzeitig Thema Energie-Effizienz einbringen</i>	Meist grösseres Investitionsvolumen; deshalb umfangreichere Abklärungen notwendig (neue Situation – deshalb fehlen häufig Informationen wie auch eigene Erfahrungen)
Ersatzbeschaffung			
Ersatzbeschaffung wegen technischem Fortschritt			
2a	Ersatzbeschaffung wegen technischem Fortschritt – erste Anlage / erste Maschine /	Zeit in der Regel vorhanden, falls Investitionsvorhaben bekannt. <i>Herausforderung:</i> <i>rechtzeitig Thema Energie-Effizienz einbringen</i>	Meist grösseres Investitionsvolumen; deshalb umfangreichere Abklärungen notwendig; Informationen über bestehenden Prozess vorhanden
2b	Ersatzbeschaffung wegen technischem Fortschritt – weitere baugleiche Anlage / Maschinen (Wunsch: niedrige Transaktionskosten; umso wichtiger 2a)	Zeitproblem, (beschränktes Zeitbudget) <i>Herausforderung:</i> <i>Thema Energieeffizienz bereits bei 2a einbringen</i>	Änderungen gegenüber „Erstbeschaffung“ (2a) kaum mehr möglich, denn Vorgehen nach „copy / paste“ der bereits erfolgten Bestellungen
Ersatzbeschaffung wegen veränderter Rahmenbedingungen			
3a	Ersatzbeschaffung wegen Änderung interner Rahmenbedingungen, z.B. neue Infrastruktur (z.B. Kühlsystem) oder Bedürfnisse (z.B. Anpassung der Steuerungen)	Zeit in der Regel vorhanden, falls Änderungen der Rahmenbedingungen bekannt <i>Herausforderung:</i> <i>Änderungen im Umfeld rechtzeitig antizipieren</i>	Änderungen an Infrastruktur u.ä. zeichnen sich ab – Veränderung kann einfach antizipiert werden
3b	Ersatzbeschaffung wegen Änderung gesetzlicher Vorschriften	Zeit in der Regel vorhanden, falls Gesetzesänderung rechtzeitig bekannt <i>Herausforderung:</i> <i>Gesetzesänderungen rechtzeitig antizipieren</i>	Gesetzesänderungen zeichnen sich ab; laufender Abgleich zwischen Bestehendem und neuen gesetzlichen Anforderungen notwendig
3c	Ersatzbeschaffung wegen schlechter bisheriger Erfahrungen	Zeit in der Regel vorhanden, da sich Probleme sukzessive abzeichnen <i>Herausforderung:</i> <i>betriebliche Probleme rechtzeitig antizipieren</i>	Rechtzeitige Information müsste via Anlagen- / Maschinenbetreiber oder Lieferantenbeurteilung kommen
Ersatzbeschaffung wegen Defekt, Ausfall oder fehlender Ersatzteile			
4	Ersatzbeschaffung wegen <u>fehlender Ersatzteile</u> und / oder Servicedienstleistungen oder wegen <u>defekter</u> Maschine / Baugruppen	Zeitproblem (Defekt muss rasch behoben werden) <i>Herausforderung:</i> <i>„bewertete“ Inventar-Liste (inkl. „Ausfall-Risiko“)</i>	Rechtzeitige Information müsste vom Anlagenbetreiber oder aufgrund Inventarliste kommen (Alter der Anlage, Amortisationszeit, etc. und entsprechende Risiko-Beurteilung.)

Tabelle 1: Art der Evaluation und entsprechende Zeitreserven für systematische Abklärungen

**Vordenken
notwendig**

Beschaffen energieeffizienter Maschinen & Geräte setzt pro-aktives Verhalten der Beteiligten voraus. Deshalb sollten insbesondere Informationen über folgende Punkte vorhanden sein respektive laufende aktualisiert werden (Tabelle 2):

Notwendige
Informationen /
Listen

Bereich	Fragen
Liste mit neuen / geplanten Investitionsvorhaben	- Wann und wo sind neue Investitionen in Maschinen & Geräte geplant? -
Liste von neuen / geplanten Veränderungen im betrieblichen Umfeld	- Welche Veränderungen zeichnen sich bei der Infrastruktur ab? - Welche neuen Gesetzen und Verordnungen gibt es? -
Liste mit Zustand der Maschinen & Anlagen sowie möglicher Wiederbeschaffungszeitraum (bewertetes Anlageninventar respektive Darstellung des „Erneuerungspotentials“)	- Wie alt sind Maschinen & Geräte? - Wie sieht Ausfallrate aus? Wie gross ist Reparaturhäufigkeit? - Bis wann kann Service und Ersatzteillieferung noch garantiert sein? -

Tabelle 2: Notwendige Informationen für pro-aktives Verhalten

1.3 Vermeidung von Verschwendung

**Weniger ist
mehr...**

Die Ziele bei der Evaluation neuer Maschinen & Geräte, nebst funktionalen Anforderungen wie Produktivität und Qualität, sind insbesondere:

- geringe Investitionskosten
- minimale Betriebskosten
- keine oder dann geringe Folgekosten, sowie
- insbesondere ein besseres Resultat.

Diese Zielsetzungen sind kein Widerspruch, sondern können gleichzeitig erreicht werden, wenn:

- Bisheriges in Frage gestellt wird,
- auf Funktionsreserven verzichtet wird,
- die Umgebungsintegration gezielt und effizient erfolgt,
- Überdimensionierung und "Angstzuschläge" vermieden werden, und
- „Betrieb ohne Nutzen“, kurz BON, konsequent verhindert wird.

Bei einem solchen Vorgehen steht der Suffizienzgedanke im Vordergrund, d. h. "nur so viel wie nötig".

Bei der Evaluation energieeffizienter Maschinen & Geräte gilt es primär, diese „Verschwendungen“ zu vermeiden. Da sind Fragen und Hinweise hilfreich, wie sie in Tabelle 3 dargestellt sind.

Funktions-Fit <i>Was wird benötigt? Was ist schon vorhanden? Was liefert das Produkt?</i>	Funktionserfüllung	<ul style="list-style-type: none"> - Beschaffungsprozess dient dem Abgleich der Funktionsanforderungen - Ausgangspunkt sind bestehende Funktionen / Kapazitäten - Abgleich der „Netto“-Bedürfnisse mit neuer Maschine / Gerät
	Funktionsreserve(n)	<ul style="list-style-type: none"> - Wegen Unsicherheit über zukünftige Nutzung / Abschätzbarkeit der Bedürfnisse
	Nachrüstbarkeit	<ul style="list-style-type: none"> - Spätere Erweiterbarkeit, - Umrüstung dank Modularität, und - punktuelle Nachrüstungen erlauben eine Reduktion der Funktionsreserven
Umgebungsintegration <i>Welche Randbedingungen bestehen? Welche Infrastruktur ist bereits vorhanden? Reicht diese aus? Wie kann Maschine respektive Gerät in „Raum – Betrieb – bestehende Infrastruktur – Logistik“ integriert werden?</i>	Räumliche / mechanische Vorgaben	<ul style="list-style-type: none"> - Grösse / Gewicht / Fläche - Ein- und Auswirkungen auf benachbarte Anlagen, z. B. Erschütterungen
	Energie- und Medienversorgung	<ul style="list-style-type: none"> - Strom (Kapazität, Reserve, ...) - Erdgas (Kapazität, Reserve, ...) - Druckluft (Kapazität, Reserve, ...) - Rückkühlung (Kapazität, Reserve, ...) - Hydraulik (Kapazität, Reserve, ...) - Nebelabsaugung
	Raum-Klimatisierung	<ul style="list-style-type: none"> - Art der Klimatisierung (Kapazität, Reserve, ...)
	Betriebliche Vorgaben	<ul style="list-style-type: none"> - Personal / Qualifikation - Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit - Verfügbarkeit der Anlage - Zeitliche Präsenz / mannloser Betrieb
	Logistische Vorgaben / Randbedingungen	<ul style="list-style-type: none"> - ERP/MES-Systeme Anbindung - Materialfluss
Dimensionierung <i>Wie wenig ist notwendig? Wo und was ist „überdimensioniert“? Wo entstehen (unnötige) Folgekosten?</i>	Überhöhte Investitionen	<ul style="list-style-type: none"> - Höhere Investitionskosten infolge Überdimensionierung - Unnötige Investitionen (Investition ohne Nutzen ION), z. B. Zusatzinvestitionen in Infrastruktur, die bei richtiger Dimensionierung nicht notwendig wäre - Zusatzinvestitionen in vor- und nachgeschalteten Funktionen - Erhöhter Raumbedarf
	Teillast	<ul style="list-style-type: none"> - Häufiger Betrieb an ungünstigem Betriebspunkt mit niedrigem Wirkungsgrad - Ungünstiger Betriebspunkt für abhängige Funktionen - Weniger Stabilität durch häufiges Regeln / Schalten von Komponenten
	Folgekosten	<ul style="list-style-type: none"> - Erhöhter Raumbedarf - Erschwerter Betrieb (erschwerter Manipulation infolge Gewicht) - Erhöhte Betriebskosten durch ineffizienten Betriebspunkt des Produkts - Erhöhte Betriebskosten durch ineffizienten Betriebspunkt der Infrastruktur - Erhöhte Wartungskosten für grössere Bauform oder Servicevertragsregeln (% der Investition)
Betrieb <i>Was ist wann notwendig? Wie kann Betrieb-ohne-Nutzen reduziert werden? Wo gibt es stark fluktuierende Prozesse?</i>	Anwendungsschwankungen (Zeitachse)	<ul style="list-style-type: none"> - Bei geplanten Betriebsunterbrüchen ausschalten - bei intermittierendem Bedarf resp. bei ungeplanten Unterbrüchen Sleep-Funktion oder Stand-By mit minimalem Verbrauch
	Leistungsschwankungen (Leistungsachse)	<ul style="list-style-type: none"> - bedarfsgerecht regeln
	max. Leistung (Leistungslimit)	<ul style="list-style-type: none"> - Eckwerte vorgeben - In der Steuerung hinterlegte Regeln und Alarmer (z. B. schneller Druck- oder Temperaturabfall; unwahrscheinliche Parameterkombination liefert Hinweis auf Defekt oder ungünstiges Anwenderverhalten)

Tabelle 3: Relevante Themen im Hinblick auf die Evaluation energieeffizienter Maschinen & Geräte sowie wie eine erste Auswahl von Kontrollfragen

1.4 Planungsaufwand und Einsparpotential

Aufwand betreiben, wo es Sinn macht!

Nicht jedes Vorhaben rechtfertigt einen umfangreichen Planungsaufwand; je nach Optimierungspotential genügt eine Auswahl nach einfachen „Regeln“, wie im Folgenden das Beispiel „Produktionsmaschine“ zeigt:

Grosses Einsparpotential = genau hinschauen

- Eine Maschine hat eine durchschnittliche Leistung von ca. 12 kW; wegen hohen Investitionskosten wird die Maschine zweischichtig eingesetzt; insgesamt wird sie so rund 40'000 h genutzt. Der gesamte Energieverbrauch beläuft sich somit auf ca. 500'000 kWh; daraus resultieren Energiekosten von 50'000 - 100'000.- CHF. Hier lohnt es sich, genauer hinzuschauen, denn bei einem Verbesserungspotential von 25% resultieren insgesamt Einsparungen von mindestens 10'000.- CHF.
- Analoge Überlegungen gelten für den Materialverbrauch. In der Regel sind Materialkosten im produzierenden Gewerbe um ca. Faktor 10 höher als die Energiekosten. Verbrauchen Geräte und Maschinen auch Materialien / Rohstoffe, sollten auch hier je nach Optimierungspotential, welches in der Regel kleiner ist als die 25-35% wie bei energetischer Optimierung, weitere Berechnungen und allenfalls sogar Messungen getätigt werden.

Unterschiedliche Beschaffungssituation

In der Praxis geht es bei einer Neu- oder Umgestaltung der Produktion in erster Linie um Produktionssicherheit, also Sicherstellen von einer bestimmten Produktionskapazität. Energie- und Materialeffizienz sind zunächst sekundäre Kriterien. Trotzdem gibt es Beschaffungssituationen, wo es Sinn macht, genauer hinzuschauen. In Tabelle 4a wird eine mögliche Strukturierung vorgenommen:

Mögliche Indikatoren	Typ A	Typ B	Typ C
Leistungsbereich	> 10 kW	1 – 10 KW	< 1 kW
Einsparpotential an Energie	> 5'000.- CHF	500.- - 5'000.-	< 500.- CHF
Einsparpotential an Material / Rohstoffe	> 5'000.- CHF	500.- - 5'000.-	< 500.- CHF

Tabelle 4a: Unterschiedlicher Beschaffungssituation je nach Relevanz

Insbesondere bei Typ A (Tabelle 4a) sollte eine detaillierte Abklärung und systematische Evaluation neuer Maschinen & Geräte stattfinden. Dasselbe gilt, wenn kleinere Maschinen & Geräte jedoch in grösserer Anzahl beschafft werden sollen oder die vorgegebene Infrastruktur angepasst werden muss (Druckluft, Kühlleitungen, Stromkabel etc.).

Einbezug von Experten / Berater

Der gezielte Einbezug von Fachexperten und Beratern macht Sinn, je komplexer die Situation und / oder je grösser das Verbesserungspotential ist (Tabelle 4b):

	Typ A	Typ B	Typ C
Einbezug Dritter (Fachexperten, Berater, Projektleiter)	Einbezug von Fachpersonen systematisch prüfen	Bei Bedarf Expertisen einholen, sowie Kontakte nutzen	Kontakte nutzen für Tipps, Checklisten, Internet-Plattformen

Tabelle 4b: Einbezug externer Expertisen

Unterschiedliche Datenbeschaffung

Je nach Beschaffungssituation empfiehlt es sich, die notwendigen Daten & Informationen in unterschiedlichem Detaillierungsgrad zu erfassen (Tabelle 4c):

Mögliche Indikatoren	Typ A	Typ B	Typ C
Art der Datenerhebung	Messungen & Berechnungen	Berechnungen & Schätzungen	Schätzungen

Tabelle 4c: Unterschiedliche Informationsbeschaffung

Unterschiedliche Vorgehensweisen

Je grösser das Optimierungspotential, desto grösser wird die Notwendigkeit, die Beschaffungssituation strukturiert zu untersuchen, um wirklich effiziente Lösungen für einen bestimmten Anwendungstyp zu finden. Tabelle 4d zeigt, welche Vorgehensformen für welchen Typ zweckmässig sind und welche Interessenslage die beteiligten Personen haben könnten.

Betroffene	Interessenslage	Typ A	Typ B	Typ C
Beschaffer	Möglichst günstig	X	X	X
Betreiber	Möglichst „einfaches“ Arbeiten	X	X	
Lieferant	Möglichst viel verkaufen	X	X	
Dritte / Berater	Sichere Seite / Angstzuschlag	X		
Vorgehen		Projekt / Vorhaben, mit systematischem Vorgehen	Kleineres Vorhaben, vereinfachtes Vorgehen	regelbasiert, z.B. Label, topten.ch, ...

Tabelle 4d: Unterschiedliches Vorgehensweisen

Vorgehen Typ A

Bei Typ A ist das Optimierungspotential gross – dieses sollte a priori aus ökologischen und ökonomischen Gründen erschlossen werden.

Empfehlung: Die Evaluation soll systematisch erfolgen. Die in der Planungshilfe aufgezeigten Vorgehensweisen sowie die Kontrollfragen sind dabei wenn möglich zu berücksichtigen. Zudem sollte von Anfang an in einem Team gearbeitet werden.

→ Die nachfolgende Planungshilfe ist primär für den Typ A konzipiert.

Vorgehen Typ B

Bei Typ B hat das Optimierungspotential eine gewisse Relevanz – es rentiert sich, genauer hinzuschauen respektive beim Lieferanten genauer nachzufragen und diesen allenfalls in den Evaluationsprozess einzubeziehen.

Empfehlung: Die vorliegende Planungshilfe ist eine Option, diesen Prozess methodisch zu unterstützen. Bei einer Anwendung müsste auf einen vereinfachten Ablauf geachtet werden.

Vorgehen Typ C

Im einfachsten Typ kann „regelbasiert“ vorgegangen werden. Die Entscheidung fällt nach festgelegten Regeln, z.B. nach „hat Label xy“, hat diese „Funktion“ oder „Leistungsniveau yz“, oder ist „auf Liste von topten.ch“.

Empfehlung: Der Evaluationsaufwand wird bewusst klein gehalten. Die Evaluationsaufgaben sollen durch einzelne Personen nach Vorgabe von einigen wenigen dafür wirksamen Regeln bearbeitet werden. Die spezifischen Regeln müssen durch die Organisationen selbst festgelegt werden. Die vorliegende Planungshilfe ist dabei mehr Inspiration denn Leitfaden.

2. Systematisch Evaluieren – von Anfang an richtig

Hinweis: Die in dieser Planungshilfe beschriebenen Umweltaspekte sind in die bestehenden betrieblichen Planungs- und Entscheidungsprozesse zu integrieren, denn in vielen Firmen sind „Evaluationsprozesse“ im Rahmen des betrieblichen Prozessmanagements bereits dokumentiert und müssen in dieser Form abgearbeitet werden. Die Planungshilfe soll diesen Prozess unterstützen, aber nicht ersetzen.

„Schneller, besser, günstiger und neu auch umweltgerechter!“

Der Auslöser für Neu- oder Ersatzbeschaffungen von Maschinen & Geräten sind vielfältig; dazu einige Beispiele:

- Bestehende Maschinen & Geräte erfüllen nicht mehr die Anforderungen an Qualität und Durchlaufzeiten der neuen Produkte – es braucht eine grundsätzlich neue Lösung. Und wie sieht diese aus?
- Das bisherige Produktionssystem stösst an Kapazitätsgrenzen. Die Produktionskapazität ist zu klein und es braucht eine Kapazitätserweiterung. Aber wie?
- Betriebskosten sind zu hoch; mit neuen Maschinen und Abläufen soll die Kosten gesenkt werden. Wie sehen diese Maschinen & Geräte aus?
- Der Anlagenunterhalt kann auf Grund fehlender Ersatzteile, Hilfsmittel oder nicht mehr verlängerbaren Service-Dienstleistungen nicht mehr sichergestellt werden.
- Verschärfte gesetzliche Vorschriften führen zu innovativen Produkten, welche den Bestand zunehmend obsolet erscheinen lassen.

Diese Fragestellungen werden in der Regel im Rahmen von einem Projekt geführt. Warum? Weil nebst der eigentlichen Beschaffung zunächst die anstehenden Fragen systematisch beantwortet respektive die „neue Lösungen“ entwickelt werden müssen.

Erster Schritt ist entscheidend

Das Optimierungspotential von 25% und mehr kann nur erschlossen werden, wenn bereits bei strategischen Fragen im Rahmen des Evaluationsprozesses die richtigen Entscheidungen gemacht werden (Abb. 1).

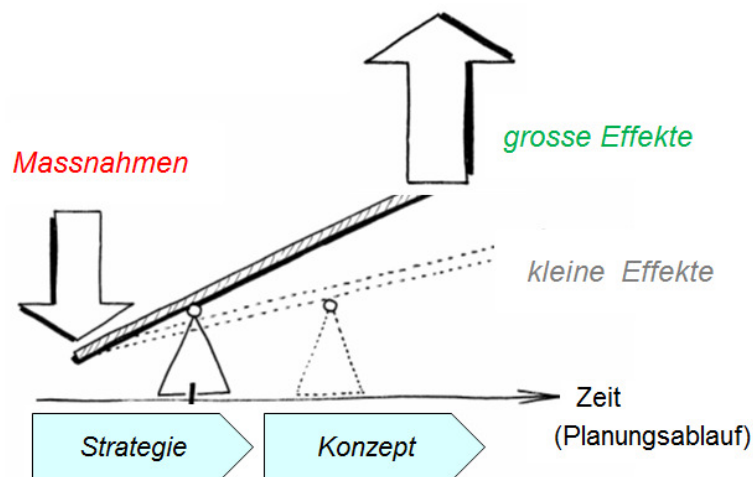


Abb. 1: Hebelwirkung von Optimierungsmassnahmen

Vorgehen in zwei Phasen

Wie geht man nun sinnvollerweise bei einer Evaluation inkl. Lösungsentwicklung vor? Welche spezifischen Aspekte sind wann und wie zu berücksichtigen?

Evaluationen von Maschinen & Geräten, im Sinne von ausserordentlichen Anschaffungen, wurden und werden vielfach als „Projekt“ geführt; diese Projekte sind in der Regel in mindestens zwei Phasen / Schritte unterteilt (vgl. Abb. 2).



Abb. 2: Phasen mit zentralen Fragen und Lieferobjekten (Deliverables)

Möglicher Ablauf einer umfangreicheren Evaluation:

1. Evaluation wird vorbereitet, Team zusammengestellt, Vorgehen festgelegt und Vorhaben gestartet.
2. Nach Initiierung und Start geht es in einer ersten Planungsphase um eine Standortbestimmung und die Herleitung von einer erfolgversprechende Strategie (=grundsätzliche Lösung). Hier geht es vor allem darum, ein Lösungsprinzip zu finden, welches optimal in das bestehende und künftige Umfeld passt.
3. Nach einem Führungsentscheid, z.B. Berücksichtigung dieser Beschaffung im kommenden Budget respektive im Investitionsplan, wird das eigentliche Konzept im Detail entwickelt. Hier geht es darum, das bisher eher abstrakte Lösungsprinzip zu konkretisieren.
4. Bei einem weiteren positiven Führungsentscheid wird die Maschine / das Gerät nach firmenspezifischen Vorgaben beschafft².

Im Folgenden werden deshalb diese vier möglichen Planungsschritte beschrieben.

² Anmerkung: Im öffentlich-rechtlichen Bereich ist dazu eine Ausschreibung notwendig; die Beschaffungsgrundlagen, sprich Anforderungsliste respektive Pflichtenheft, muss dazu vorgängig detailliert und abschliessend ausgearbeitet sein.

3. Die Planungsschritte im Einzelnen

3.1 Vorhaben vorbereiten, inkl. Kontrollfragen

Weshalb wird eine neue Lösung erwartet?	Innerhalb der Aufgabenanalyse ist zu untersuchen, welches die Beweggründe und Erwartungen des Auftraggebers an eine Lösung sind. Je nach Beweggrund wird das Vorhaben einen anderen Verlauf nehmen.
Rahmenbedingungen berücksichtigen	<p>Eine anstehende Evaluation kann durch bestimmte Rahmenbedingungen massiv beeinflusst respektive im Hinblick auf hohe Energieeffizienz respektive Umweltverträglichkeit unterstützt werden. Dies sind insbesondere:</p> <ul style="list-style-type: none"> - <u>Nachhaltigkeitsziele</u>; Beispiele dazu sind: Steigerung der Wertschöpfung, Reduktion des Energie- und Ressourcenverbrauchs sowie des CO₂-Fussabdrucks, Steigerung der Arbeitsplatzqualität, etc. - <u>Unternehmensziele</u>; Beispiele dazu sind Differenzierung durch überlegene Produkte (> Präzision, Komplexität, Zuverlässigkeit, etc.), durch herausragendes Image als Arbeitgeber (gute Arbeitsplatzqualität, hohes Investitionsvolumen, grünes Image), oder durch Senkung der Energiekosten (insbesondere bei Grossverbrauchern), etc. - <u>Betriebsziele</u>; Beispiele dazu sind Reduktion der Wärmeabgabe in einer Fabrikhalle im Hinblick auf höhere Qualität, Vereinfachung der Infrastruktur und Produktionsabläufe, Zusammenführen von verteilten Systemen, Vereinheitlichung der Produktionsmittel/Interfaces/Energieträger, Verdichtung der Produktionsmittel, Automatisierung, Reduktion der Wartungskosten, Produktionssteigerung ohne Ausbau der zentralen Versorgungen, Einhaltung verschärfter gesetzlicher Vorgaben etc. <p>Rahmenbedingungen beeinflussen nicht nur den Evaluationsprozess, sondern erleichtern je nachdem das anstehende Investitionsvorhaben.</p> <p><i>Beispiel: Eine Firma hat einen internen Umweltfonds, der aus der rückerstatteten CO₂-Lenkungsabgabe finanziert wird. Aus diesem Umweltfonds können unter anderem Vorhaben mit Pilotcharakter oder Umweltmassnahmen, die die vorgegebenen, engen Payback-Zeiten nicht einhalten, mitfinanziert werden. Dem Evaluationsteam stehen somit weitere Mittel zur Verfügung; der „Lösungsraum“ wird dadurch grösser.</i></p>
Beziehungen zum Auftraggeber / zum Management	Projekte respektive deren Lösungen sollen u.a. mithelfen, die Strategie umzusetzen, Kostenstrukturen zu verbessern, die Verfügbarkeit zu verbessern und Durchlaufzeiten zu verkürzen, Marktanteile zu erweitern und vieles mehr. Dazu setzt die Unternehmensleitung Kapital und Manpower zur Verfügung. Deshalb ist das Management an einem Erfolg interessiert; die Kommunikation zum Auftraggeber ist entsprechend zu gestalten.
Betroffene beteiligen: Arbeiten im Team	<p>Bei der Initiierung geht es primär darum, einen zweckmässigen Projektplan mit den Beteiligten auszuarbeiten, welcher von allen akzeptiert wird. Das Ziel ist ein strukturierter Projektplan, welcher u.a. Auskunft gibt über die Arbeitspakete inklusive Meilensteine, Zwischen- und Endresultate (Deliverables), dem vorgesehenen Methodeneinsatz und den notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen.</p> <p>Zudem wird das Vorhaben gestartet; zu diesem Zweck ist es sinnvoll, ein Kick-Off-Meeting mit den Beteiligten durchzuführen und die Detailplanung vorzunehmen. Eine besondere Aufmerksamkeit gilt den möglichen Beteiligten und Betroffenen. Diese sind allenfalls zu befragen, damit eine ganzheitliche Sicht der Ausgangssituation gefunden werden kann (vgl. <u>Abb. 3</u>).</p>

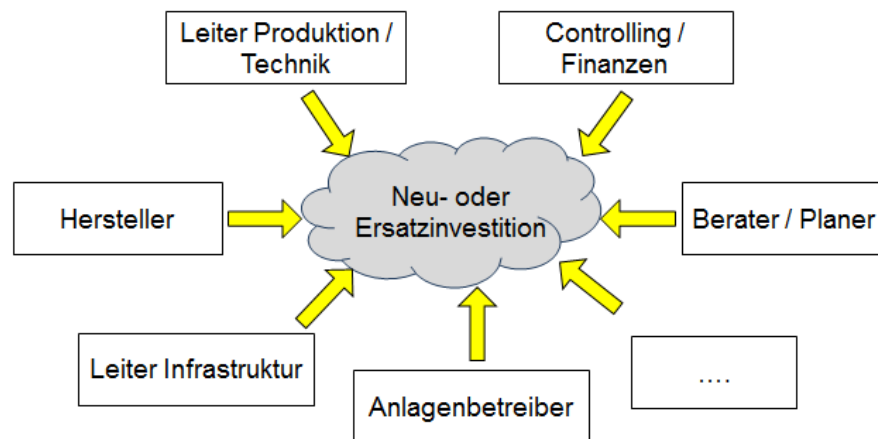


Abb. 3: Schnittstellen und Wissensträger bei der Evaluation: möglich Zusammensetzung des Teams (Einflussgrößenanalyse)

Tabelle 5 zeigt beteiligte Wissensträger respektive deren Wissen, welches für eine systematische Evaluation – je nach Umfang und Bedeutung für die Firma – notwendig ist:

<i>Leiter Produktion / Technik</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Zukünftiger Produktionsort - Zukünftiger Produktmix - Zukünftige Auslastung - Risikobereitschaft bzgl. Produktionsausfall - Lieferantenbewertung - Bereiche spezieller Nutzungsarten (Luftqualität, Klima etc.) - Produktqualität, Ausschuss (im Optimalfall anlagenspezifisch) - ...
<i>Hersteller</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Benötigte Infrastruktur - Gesetzliche Anforderungen - Stand der Technik - Haupt- (z.B. Fräsen) und Nebenfunktionen (Kühlen, spülen, Druckluft) der Anlage - Regelung und Energiebedarf all dieser Funktionen - Allenfalls Wissen zu Ecodesign und betrieblicher Optimierung - ...
<i>Leiter Infrastruktur</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Energieverbräuche, Wärmebedarf, Kältebedarf - Auslastung Infrastruktur-anlagen und Verteilnetze - Integrationsmöglichkeit in bestehende Infrastruktur - Ausfallrisiken der Anlagen zur Energiebereitstellung (Wärme, Kälte, Druckluft, USV etc.) - Risikobereitschaft bzgl. Produktionsausfall - Flächenbedarf - Lieferantenbewertung - Gebäudespezifikationen - Bauliche Verfügungen - Angrenzende Bereiche spezieller od. ähnlicher Nutzungsarten (Luftqualität, Klima etc.) -
<i>Anlagen-Betreiber</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Zustand und Verhalten der Anlage - Spezifikationen an Hauptfunktionen - Benutzerfreundlichkeit - Verfügbarkeit Ersatzteile

	<ul style="list-style-type: none"> - Verfügbarkeit / Zufriedenheit mit Service-vereinbarungen / externer Dienstleistungs-erbringen / Lieferanten - Arten von Betriebs-zuständen, Störungen - Wechselwirkungen von Schichtbetrieb und Automatisierungen auf Anlagen und Optimierungspotential -
Controlling / Finanzen	<ul style="list-style-type: none"> - getätigte Investitionen - deren Abschreibungen - deren Alter -
Berater / Planer	<ul style="list-style-type: none"> - Wichtige Fragestellungen - Gesetzlichen Anforderungen - Stand der Technik - Typähnlichen Anwendungen - Erfahrungen anderer Firmen oder Bereiche - Förderprogramme -
....	-

Table 5: Wissensträger in der Evaluation

Arbeiten im Team

Im Projekt arbeiten Menschen. Es müssen deshalb geeignete Arbeitsformen für eine effiziente Zusammenarbeit im Projekt festgelegt werden. Stichworte dazu sind u.a. Teambildung, Konfliktmanagement, ...

Bei interdisziplinären Vorhaben mit unterschiedlicher Zusammensetzung spielt die Art der Zusammenarbeit eine wichtige Rolle. Es ist deshalb die Aufgabe des Projektleiters, die Beziehungen zwischen den Beteiligten sinnvoll zu gestalten respektive diese entsprechend zu beeinflussen.

Lieferobjekte / Deliverables

Als Resultat der Projektinitiierung respektive dem Kick-Off-Meeting liegen u.a. ein verifizierter Projektauftrag mit Aufgabenliste, die bereinigte Projektorganisation sowie ein Kommunikationsplan vor. Zudem sind die Beteiligten über das Projekt informiert und aktiv ins Projekt eingebunden.

Kontrollfragen

Folgende Kontrollfragen zur Projektvorbereitung sind möglich:

Kontrollfragen zu Beziehungen zum Auftraggeber

<ul style="list-style-type: none"> • Welche Bedeutung hat das Vorhaben für den Firmenerfolg? • Welche übergeordneten Ziele verfolgt insgesamt die Firma? • Welche Bedeutung hat das Vorhaben für die Firma / Organisation?
<ul style="list-style-type: none"> • Wer ist der (interne) Besteller / Auftraggeber? Will er dieses Vorhaben? Liegt eine verbindliche Zusage vor? Ist dies auch während dem Vorhaben sichergestellt?
<ul style="list-style-type: none"> • Was wird konkret erwartet? Was soll konkret verändert / verbessert werden? Wie könnte die Umsetzung / Verwertung aussehen? Gibt es dazu konkrete Vorstellungen?
<ul style="list-style-type: none"> • Wie sieht die konkrete Einbettung in den betrieblichen Führungsrhythmus aus? Wann und was muss wem rapportiert werden?

Kontrollfragen zu Arbeiten im Team

<ul style="list-style-type: none"> • Welche Teammitglieder braucht es? Sind diese wirklich für das Vorhaben verfügbar? Wie können diese zweckmässig eingebunden werden (Betroffene beteiligen)?
<ul style="list-style-type: none"> • Braucht es externe Fachexpertise? Wer kann diese einbringen? Ste-

	hen dazu Mittel bereit?
	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Form der Zusammenarbeit wird gewählt und weshalb?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wie organisiert sich das Team? Welche Meetings / Klausuren finden statt und weshalb?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wird die Teamarbeit sichergestellt? Wie soll mit Konflikten umgegangen werden?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wie sieht die interne Kommunikation aus?

*Kontrollfragen
zu erwartenden
Lieferobjekte /
Deliverables*

	<ul style="list-style-type: none"> • Bestehen klar vereinbarte Projektziele?
	<ul style="list-style-type: none"> • Werden diese vom Auftraggeber unterstützt?
	<ul style="list-style-type: none"> • In wie fern unterstützen die bestehenden unternehmerischen Randbedingungen das Beschaffungsvorhaben (betreffend Nachhaltigkeitszielen, Unternehmenszielen und Betriebszielen)?

3.2 Strategie entwickeln, inkl. Kontrollfragen

Prinzipielle Lösung ausarbeiten

In der Phase der Strategieentwicklung / Ausarbeitung der prinzipiellen Lösung soll insbesondere untersucht werden, ob überhaupt ein Bedürfnis nach einer neuen oder modifizierten Lösung besteht und wie eine Lösung grundsätzlich ausschauen könnte.

Diese erste Planungsphase ist dadurch gekennzeichnet, dass mit relativ wenigen Informationen wichtige Entscheidungen getroffen werden müssen. Entsprechend wichtig ist eine genügend breite und systematische Betrachtung und Auslegung.

Im Rahmen der Strategieentwicklung liegt der Schwerpunkt auf der Zielsuche. Insbesondere soll abgeklärt werden, wie das Umfeld heute und künftig aussieht respektive ausschauen wird und wie eine neue Lösung prinzipiell in diesem Umfeld reinpasst. Vielfach muss dazu 60% und mehr der verfügbaren Zeit aufgewendet werden. Wird dann eine gute Diagnose gemacht, ist die nachfolgende Lösungssuche & Auswahl relativ einfach zu bewerkstelligen.

Als Resultat liegt eine Strategie (=prinzipielle Lösung) vor, welche sich optimal in das aktuelle und künftige Umfeld integrieren lässt. Im Fokus steht die „Integration in ein bestehendes Umfeld“. Deshalb ist bei diesem ersten Schritt die Analyse des Umfelds (z.B. Produktionsumgebung, aktuelle und künftige Kunden / Aufträge, Medienversorgung, Platzverhältnisse, allfällige Abnahmemöglichkeiten von Abwärme ...) sowie der tatsächlich benötigten Spezifikationen wichtig.

Kontrollfragen

Im Rahmen der „Strategie-Entwicklung“, also der Herleitung der prinzipiellen Lösung, werden im wesentlichen drei Arbeitsschritte durchgeführt; dies sind:

- Systematische Lagebeurteilung
- Grundsätzliche Lösungsvarianten entwickeln, sowie
- Auswahl optimales Lösungsprinzips

Folgende Kontrollfragen sind hier möglich:

Systematische Lagebeurteilung³

	• Ist das Problem genügend klar definiert? Wer ist betroffen, und wer ist daran beteiligt?
	• Ist Zusammenhang mit dem Umfeld klar?
	• Sind Gestaltungsmöglichkeiten ausreichend definiert und bekannt?
	• Welche übergeordneten Ziele und Strategien sind relevant?
	• Sind die Anforderungen an eine Lösung klar (Ziele und Rahmenbedingungen)?

Folgende energierelevante Fragen zur Lagebeurteilung sind möglich:

F	• Welche Funktionen werden wirklich benötigt? Können die notwendigen Funktionen umschrieben werden? Inwiefern unterscheiden sich diese Funktionen von bestehenden Funktionen / Kapazitäten?
F	• Besteht eine Unsicherheit über zukünftige Nutzung? Können Bedürfnisse trotzdem sinnvoll abgeschätzt werden?
F	• Ist eine spätere Erweiterbarkeit zu erwarten? Erlaubt ein allenfalls späteres Nachrüsten eine Reduktion der Funktionsreserven?

³ Fragen, welche mit „grün“ hinterlegt sind, betreffen die Energieeffizienz der neuen Lösung; F bezieht sich auf den Funktions-Fit, U auf die Umgebungsintegration, D auf die Dimensionierung und B auf den Betrieb

U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche räumlichen und mechanischen Rahmenbedingungen bestehen (Grösse / Belastungen / Fläche / ...)? • Welche „Raumreserven“ bestehen?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Energie- und Medienversorgungen bestehen bereits? Welche Kapazitätsreserven bestehen heute und künftig?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Handelt es sich um ein klimatisiertes Umfeld? Welche Kapazitäten respektive Reserven bestehen heute und künftig?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Restriktionen bezüglich betrieblicher Vorgaben bestehen (Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...)?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche logistischen Randbedingungen und Vorgaben bestehen (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...)
D	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wenig ist notwendig?
D	<ul style="list-style-type: none"> • War die bisherige Anlage überdimensioniert? Lief sie im Teillastbereich? Lief sie in ungünstigen Betriebspunkten?
B	<ul style="list-style-type: none"> • Was ist wann notwendig?
B	<ul style="list-style-type: none"> • Treten Anwendungsschwankungen auf und falls ja, wann (Betriebsunterbruch, Wochenende, ...)?
B	<ul style="list-style-type: none"> • Treten Leistungsschwankungen auf (im Betrieb) und falls ja, wann?

Grundsätzliche Lösungsvarianten entwickeln

	<ul style="list-style-type: none"> • Besteht eine ausreichende Übersicht über grundsätzlich denkbare Lösungsprinzipien?
	<ul style="list-style-type: none"> • Unterstützen diese die Ziele und Strategien des Unternehmens?
	<ul style="list-style-type: none"> • Können diese Lösungsprinzipien im Hinblick auf eine grundsätzliche Tauglichkeit überprüft werden?

Folgende energierelevante Fragen zur Lösungssuche sind möglich:

F	<ul style="list-style-type: none"> • Was liefert die neue Lösung? Wie ergänzt diese das bisherige Angebot / die bisherigen Funktionen & Kapazitäten?
F	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Funktionsreserven bestehen? Was wird „zu viel angeboten“?
F	<ul style="list-style-type: none"> • Ist bei Bedarf eine Erweiterbarkeit möglich? Wo und wie ist Nachrüsten möglich?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche räumlichen und mechanischen Anforderungen entstehen durch die neue Lösung (Grösse / Belastungen / Fläche / ...)? Inwiefern können diese Anforderungen durch bisheriges Umfeld abgedeckt werden? Sind Erweiterungen notwendig?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Energie- und Medienversorgungen sind neu notwendig? Ist diese so vorhanden? Welche Kapazitätserweiterung ist allenfalls notwendig?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Bei klimatisiertem Umfeld: Welche Kapazitäten respektive Reserven bestehen mit neuer Lösung heute und künftig?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Einflüsse hat die neue Lösung auf betriebliche Aspekte, wie Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...?
U	<ul style="list-style-type: none"> • Wie kann die logistische Anbindung (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...) sichergestellt werden?
D	<ul style="list-style-type: none"> • Wie wenig ist notwendig? Wo ist „überdimensioniert“?
D	<ul style="list-style-type: none"> • Läuft die neue Anlage häufig im Teillastbereich? Sind dies ungünstige Betriebspunkte?
B	<ul style="list-style-type: none"> • Sind bei Anwendungsschwankungen jeweils Betriebszustände möglich mit geringerem Energiebedarf? Können bei Betriebsunterbruch, Wochenende, ... zumindest Anlagenteile in einem reduzierten Modus (Stand-by oder Off) betrieben werden?

B	<ul style="list-style-type: none"> Ist eine bedarfsgerechte Regelung möglich (Berücksichtigung von Leistungsschwankungen im Betrieb)?
---	--

Optimales Lösungsprinzip auswählen

	<ul style="list-style-type: none"> Können die prinzipiellen Lösungsvarianten bewertet werden? Ist damit eine Entscheidung für ein bestimmtes Lösungsprinzip möglich? Ist diese nachvollziehbar?
	<ul style="list-style-type: none"> Sind kritische Annahmen bzw. Komponenten bekannt?
	<ul style="list-style-type: none"> Welchen (Zusatz)Nutzen generieren diese Varianten auch im Hinblick auf die übergeordnete Ziele und Strategien des Unternehmens?
	<ul style="list-style-type: none"> Welche Variante hat das beste Kosten-Nutzen-Verhältnis?

Folgende energierelevante Fragen sind möglich:

F	<ul style="list-style-type: none"> Können die erforderlichen Funktionen mit einem geringeren Energieaufwand sichergestellt werden?
F	<ul style="list-style-type: none"> Rechtfertigen sich Funktionsreserven? Welchen zusätzlichen Aufwand verursachen diese?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche Erweiterungen in der Infrastruktur sind notwendig? Welche ökonomischen und ökologischen Auswirkungen ergeben sich daraus? Welche zusätzlichen Investitionen und Kosten fallen betreffend Klimatisierung an?
U	<ul style="list-style-type: none"> Was kostet die allenfalls notwendige zusätzliche respektive erweiterte Energie- und Medienversorgungen sind notwendig?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche zusätzlichen Investitionen fallen allenfalls betreffend Klimatisierung an? Was bedeutet allenfalls eine zusätzliche Beanspruchung der Klimaanlage?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welcher Aufwand ist notwendig, um die neue Lösung im betrieblichen Umfeld zu integrieren (Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...)?
U	<ul style="list-style-type: none"> Wie erfolgt die logistischen Anbindung (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...)? Welche Auswirkungen auf Energieverbrauch und Kosten hat diese?
D	<ul style="list-style-type: none"> Welche zusätzlichen Investitionskosten entstehen durch eine Überdimensionierung? Wie gross sind die zusätzlichen Betriebskosten aus einer Überdimensionierung?
D	<ul style="list-style-type: none"> Besteht eine Gefahr von zusätzlichen Investitionskosten durch eine Überdimensionierung? In welcher Grössenordnung sind die zusätzlichen Betriebskosten aus einer Überdimensionierung?
B	<ul style="list-style-type: none"> In welcher Grössenordnung sind die zusätzlichen Betriebskosten aus mangelnder Berücksichtigung von Anwendungsschwankungen (=fehlende anwesenheitsgerechte Regelung)?
B	<ul style="list-style-type: none"> In welcher Grössenordnung sind die zusätzlichen Betriebskosten aus mangelnder Berücksichtigung von einem unterschiedlichen Bedarf (=fehlende bedarfsgerechte Regelung)?

3.3 Konzept erarbeiten, inkl. Kontrollfragen

Lösung konkretisieren und optimieren

Das gewählte (abstrakte) Lösungsprinzip respektive die erarbeitete „Strategie“ wird – nach einem entsprechenden Führungsentscheid – konkretisiert und optimiert.

Auf der Basis des gewählten Lösungsprinzips wird in der Konzeptphase die „Lösungen“ konkretisiert und verfeinert. Es sollen dabei Gesamtkonzepte entstehen, die eine fundierte Beurteilung von Funktionstüchtigkeit, Zweckmässigkeit und Wirtschaftlichkeit der geplanten Lösung ermöglichen sollen. Der Begriff Konzept ist hier in einem weiteren Sinn zu verstehen. Es kann sich dabei – je nach dem Stand der Entwicklung – um einen Plan, ein Pflichtenheft, eine Konstruktionszeichnung oder ähnliches handeln.

In der Konzeptphase liegt der Fokus auf der neuen Lösung respektive deren optimalen Ausgestaltung. Das Betrachtungsfeld wird in der Konzeptphase eingeeengt. Man konzentriert sich auf die konkrete Lösung - Die beste Alternative soll gefunden werden. Im Fokus stehen effiziente Lösungsansätze. Das Umsystem ist nur noch in dem Masse von Bedeutung, als es relevante Wechselwirkung gibt.

Als Resultat liegt eine konkrete Empfehlung vor, welche Maschine respektive welche Geräte mit welchen spezifischen Konfigurationen beschafft werden müssen. Dieses Resultat wird meist als "Pflichtenheft"⁴ bezeichnet.

Der zukünftige Betreiber sollte dann 2-3 vergleichbare Offerten einholen. Der Einkauf feilt dann an den finanziellen Details. Somit ist das Pflichtenheft der Einstieg in die eigentlichen Beschaffungsgespräche mit dem Lieferanten.

Kontrollfragen

Im Rahmen der „Konzeptphase“, also der Ausarbeitung der konkreten Lösung, werden im wesentlichen drei Arbeitsschritte durchgeführt; dies sind:

- ergänzende Analysen (inkl. Berechnungen & Messungen)
- konkrete Lösungsvarianten ausarbeiten, sowie
- optimale Lösung auswählen

Folgende Kontrollfragen sind hier möglich:

Ergänzende Analysen

	<ul style="list-style-type: none"> • Ist das Lösungsprinzip überzeugend? Löst dieses das identifizierte Problem? Sind notwendige Sachmittel, organisatorische Voraussetzungen und die Funktionsweise deutlich aufgezeigt?
	<ul style="list-style-type: none"> • Ist klar, in welchem Detaillierungsgrad das Lösungskonzept ausgearbeitet werden muss?
	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Restriktion bestehen insbesondere im Hinblick auf zusätzliche Investition und Rentabilität (Einsparungen respektive Erlöse aus der neuen Lösung)?

Folgende energierelevante Fragen sind möglich:

F	<ul style="list-style-type: none"> • Besteht eine Unsicherheit über zukünftige Nutzung? Können Bedürfnisse trotzdem sinnvoll abgeschätzt werden?
---	---

⁴ Das **Pflichtenheft** – nach Wikipedia (2014) – beschreibt in konkreter Form, wie der Auftragnehmer die Anforderungen des Auftraggebers zu lösen gedenkt – das sogenannte wie und womit. Der Auftraggeber beschreibt vorher im Lastenheft möglichst präzise die Gesamtheit der Forderungen – was er entwickelt oder produziert haben möchte. Erst wenn der Auftraggeber das Pflichtenheft akzeptiert, sollte die eigentliche Umsetzungsarbeit beim Auftragnehmer beginnen.

F	<ul style="list-style-type: none"> Ist eine spätere Erweiterbarkeit zu erwarten? Ist eine Umrüstung dank Modularität möglich? Erlaubt ein allenfalls späteres Nachrüsten eine Reduktion der Funktionsreserven?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche Energie- und Medienversorgungen sind im Einzelnen notwendig? Welche davon bestehen bereits? Welche Kapazitätsreserven bestehen heute und künftig?
U	<ul style="list-style-type: none"> Handelt es sich um ein klimatisiertes Umfeld? Welche Kapazitäten respektive Reserven bestehen heute und künftig?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche Restriktionen bezüglich Betrieb bestehen (Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...)?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche logistischen Randbedingungen und Vorgaben bestehen (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...)
D	<ul style="list-style-type: none"> Welche Zusammenhänge bestehen zwischen einzelnen Komponenten (z.B. Pumpenleistung und Kühlung der Pumpe)?
D	<ul style="list-style-type: none"> Welche Leistungen sind erforderlich?
B	<ul style="list-style-type: none"> Treten Anwendungsschwankungen auf (Frage nach anwesenheitsgerecht) und falls ja, wann (Betriebsunterbruch, Nacht, Wochenende, ...)? Wurden diese berücksichtigt?
B	<ul style="list-style-type: none"> Treten Leistungsschwankungen im Betrieb auf (Frage nach bedarfsgerecht) und falls ja, wann? Wurden diese berücksichtigt?
B	<ul style="list-style-type: none"> Welche Eckwerte bestehen?

*Konkrete
Lösungsvarianten
ausarbeiten*

	<ul style="list-style-type: none"> Besteht eine Übersicht über denkbare Alternativen / Lösungen?
	<ul style="list-style-type: none"> Sind die kritischen Komponenten bekannt?
	<ul style="list-style-type: none"> Sind die Betroffenen an der Lösungssuche hinreichend beteiligt bzw. informiert worden?
	<ul style="list-style-type: none"> Lösen die aufgezeigten Varianten das identifizierte Problem? Sind notwendige Sachmittel, organisatorische Voraussetzungen und die Funktionsweise deutlich aufgezeigt?

Folgende energierelevante Fragen zur Lösungssuche sind möglich:

F	<ul style="list-style-type: none"> Was liefern die einzelnen Konzepte? Wo wird „zu viel angeboten“ und warum?
F	<ul style="list-style-type: none"> Wie ergänzen einzelne Konzeptvarianten das bisherige Angebot / die bisherigen Funktionen & Kapazitäten?
F	<ul style="list-style-type: none"> Welche Funktionsreserven bestehen? Was wird „zu viel angeboten“?
F	<ul style="list-style-type: none"> Ist bei Bedarf eine Erweiterbarkeit möglich? Wo und wie ist Nachrüsten möglich?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche Energie- und Medienversorgungen sind bei den einzelnen Konzeptvarianten notwendig? Sind diese so vorhanden?
U	<ul style="list-style-type: none"> Wie erfüllen die einzelnen Konzeptvarianten die räumlichen, mechanischen und betrieblichen Anforderungen? Sind Erweiterungen an bestehender Infrastruktur notwendig?
U	<ul style="list-style-type: none"> Handelt es sich um ein klimatisiertes Umfeld? Reichen die Kapazitäten respektive Reserven heute und künftig aus?
U	<ul style="list-style-type: none"> Welche Einflüsse hat die neue Lösung auf betriebliche Aspekte, wie Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...?
U	<ul style="list-style-type: none"> Wie kann die logistische Anbindung (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...) sichergestellt werden?

	D	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Komponenten sind allenfalls „überdimensioniert“? Welche Folgekosten / Folgeaufwendungen entstehen dadurch?
	D	<ul style="list-style-type: none"> • Bei welchen Konzeptvarianten läuft die neue Anlage / das neue Produkt häufig im Teillastbereich? Sind dies ungünstige Betriebspunkte und müssten diese vermieden werden?
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Wurden bei Anwendungsschwankungen jeweils Betriebszustände mit geringerem Energiebedarf gewählt? Wenn nicht, warum?
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Wurde eine bedarfsgerechte Regelung gewählt (Berücksichtigung von Leistungsschwankungen)? Wenn nicht, warum?
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Sind Eckwerte (max. Leistung) vorgegeben und in der neuen Lösung berücksichtigt?

*Optimale
Lösung
auswählen*

		<ul style="list-style-type: none"> • Ist die Situation entscheidungsreif?
		<ul style="list-style-type: none"> • Ist die Entscheidung gesamthaft gesehen zu befürworten? • Wie sieht das Kosten-Nutzen-Verhältnis im Einzelnen aus? • Ist sie nach Innen und Aussen vertret- bzw. verkraftbar?
		<ul style="list-style-type: none"> • Sind die Prioritäten für die weitere Detaillierung bzw. Realisierung klar?

Folgende energierelevante Fragen sind möglich:

	F	<ul style="list-style-type: none"> • Werden der geforderten Funktionen zweckmässig erfüllt? Können diese mit geringerem Energieaufwand sichergestellt werden?
	F	<ul style="list-style-type: none"> • Rechtfertigen sich allenfalls Funktionsreserven? Welchen zusätzlichen Energieverbrauch respektive Kosten (in Investition und Betrieb) verursachen diese?
	U	<ul style="list-style-type: none"> • Ist eine Erweiterungen der Infrastruktur notwendig? Welche ökonomischen und ökologischen Auswirkungen ergeben sich daraus?
	U	<ul style="list-style-type: none"> • Was kostet die allenfalls notwendige zusätzliche respektive erweiterte Energie- und Medienversorgungen sind notwendig?
	U	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Aufwendungen fallen allenfalls betreffend Klimatisierung an? Was bedeutet allenfalls eine zusätzliche Beanspruchung der Klimaanlage?
	U	<ul style="list-style-type: none"> • Welcher Aufwand ist notwendig, die neue Lösung im betrieblichen Umfeld zu integrieren (Personal / Qualifikation, Sicherheit / Arbeitssicherheit & Gesundheit, ...)?
	U	<ul style="list-style-type: none"> • Wie erfolgt die logistischen Anbindung (ERP / MES-Anbindung, Materialfluss, ...)? Welche Auswirkungen auf Energieverbrauch und Kosten hat diese?
	D	<ul style="list-style-type: none"> • Welche zusätzlichen Investitionskosten entstehen durch eine Überdimensionierung? • Wie gross sind die zusätzlichen Betriebskosten aus einer Überdimensionierung?
	D	<ul style="list-style-type: none"> • Wie gross sind die zusätzlichen Betriebskosten aus Teillastbereich und ungünstigen Betriebspunkten?
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Wie gross sind die zusätzlichen Betriebskosten aus mangelnder Berücksichtigung von Anwendungsschwankungen (fehlende anwesenheitsgerechte Regelung)?
	B	<ul style="list-style-type: none"> • Wie gross sind die zusätzlichen Betriebskosten aus mangelnder Berücksichtigung von einem unterschiedlichen Bedarf (fehlende bedarfsgerechte Regelung)?

3.4 Beschaffung, Inbetriebnahme und Abnahme, inkl. Kontrollfragen

Realisierungsplan erstellen und Empfehlungen für Umsetzung

Die Phase der Beschaffung und Realisierung beinhaltet alle Tätigkeiten, welche eine optimale Umsetzung der neuen Lösung / des neuen Systems bis und mit Abnahme beinhaltet. In einem ersten Schritt geht es darum, einen zweckmässigen Realisierungsplan zu entwerfen.

Folgende generelle Fragen sind möglich:

	<ul style="list-style-type: none"> Ist eine Etappierung möglich? Macht diese Sinn? Müssen allenfalls Migrationsschritte definiert werden
	<ul style="list-style-type: none"> Besteht ein Realisierungsplan? Beinhaltet dieser betriebliche, organisatorische und technische Aspekte sowie entsprechende Termine?
	<ul style="list-style-type: none"> Ist der Ressourcenbedarf (personell und finanziell) bekannt? Ist dieser sinnvoll berechnet respektive zweckmässig abgeschätzt?
	<ul style="list-style-type: none"> Sind Empfehlungen formuliert und liegt der Entscheid für das weitere Vorgehen (Meilensteine) vor?

Meeting, um erste Anforderungen zu Papier zu bringen

Die Erarbeitung des Lastenhefts (von Käuferseite) sowie des Pflichtenhefts (von Herstellerseite) ist als kontinuierlicher Prozess anzusehen, bei dem sich beide Seiten annähern. Am Anfang der Umsetzung steht ein Pre-Spezifikationstreffen, welches der Vorbereitung des Lastenheftes dient, in dem alle Anforderungen an den Lieferanten standardisiert dokumentiert werden.

Bei Werkzeugmaschinen so wie bei anderen technischen Produkten ist es ratsam mit der technischen Spezifikation zu beginnen.

Lieferantenauswahl und Bewertung

Mit den dokumentierten technischen Spezifikationen ist es möglich, eine erste Auswahl von Herstellern vorzunehmen und mit diesen erste Gespräche und Verhandlungen zu führen.

Bei Unternehmen aus dem öffentlichen Bereich ist in der Regel eine öffentliche Ausschreibung, z.B. nach WTO, erforderlich; Hersteller und Lieferanten können sich bewerben. Ein direkter Abgleich zwischen Besteller und Anbieter darf hier nicht stattfinden.

Folgende generellen Fragen sind möglich:

	<ul style="list-style-type: none"> Wird ein Service im Land des eigenen Unternehmens angeboten? Wie ist die Serviceabdeckung im Land? Wo kommt der Lieferant her?
	<ul style="list-style-type: none"> Bietet der Lieferant Schulungen an? Wenn ja, wo und wie?
	<ul style="list-style-type: none"> Seit wie vielen Jahren ist der Lieferant am Markt? Wie viele Mitarbeiter hat das Unternehmen? Wie hoch ist der Unternehmensumsatz?
	<ul style="list-style-type: none"> Kann der Werkzeugmaschinenhersteller Referenzen vorweisen? Kann man diese Referenzanwendungen anschauen?
	<ul style="list-style-type: none"> Wo werden die Maschine / Geräte hergestellt? Wer sind typische Unterlieferanten?

Vergleich und Bewertung von Angeboten

Möglichen Angebote können nun verglichen werden; Basis sind die technischen Spezifikationen. Eine tabellarische Gegenüberstellung ist ratsam, um die Unterschiede der Angebote aufzuzeigen – denkbar ist deshalb auch ein entsprechendes Benchmarking.

Beschaffungsphase

Am Ende der Beschaffungsphase sollten folgende Punkte geklärt sein:

	<ul style="list-style-type: none"> • Sind die grundsätzlichen Bedingungen und Konditionen für den Kauf bekannt? Was sind die Zahlungsbedingungen?
	<ul style="list-style-type: none"> • Welche Medienversorgungen müssen sichergestellt sein (z.B. Netzanschluss, Druckluft, ...)? Welche Entsorgungssysteme müssen bereitgestellt werden (z.B. Abfälle, ...)?
	<ul style="list-style-type: none"> • Sind Umweltstandards eingehalten? Wurde eine ressourceneffiziente Lösung ausgewählt? Hat der Umweltbeauftragte sein OK gegeben?
	<ul style="list-style-type: none"> • Sind Sicherheitsanforderungen geklärt? Hat der Sicherheitsbeauftragte sein OK gegeben bzgl. des Standort, Sicherheitsfunktionen, Notfallszenarien, ...?
	<ul style="list-style-type: none"> • Ist Art und Umfang von Service / Maintenance klar? Hat die Instandsetzung ihr OK gegeben?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wurden die Betroffenen informiert? Ist klar, welche Änderungen sich im Arbeitsablauf und im Arbeitsinhalt ergeben?

Lieferplanung und Maschinenherstellung

Nachdem die Entscheidung für einen Lieferanten gefallen ist, sollte die Auftragsabwicklung geplant werden, welche die zeitliche Planung von Maschinenherstellung, Aufbau, Inbetriebnahme bis zum Mitarbeitertraining festlegt.

Sobald sich beide Seiten geeinigt haben und die Bestellung abgeschlossen ist, wird nach dem Lieferplan verfahren. Dessen Einhaltung kann der Käufer durch Besuche beim Hersteller während der Herstellungsphase prüfen, um Lieferverzögerungen rechtzeitig zu erkennen.

Zudem muss geklärt werden, ob eine erste Abnahme der Maschine direkt beim Hersteller erfolgen soll; damit kann u.U. vermieden werden, dass aufwändige Nacharbeiten in der eigenen Produktionsumgebung notwendig werden.

Inbetriebnahme

Die Inbetriebnahme ist die erstmalige bestimmungsgemässe Verwendung der Maschine. Während der Inbetriebnahme erfolgt bei Fehlern eine Fehlerbehebung alle Maschinenfunktionen von Seiten des Herstellers.

Für den Nutzer ist diese Phase „zusätzlicher Aufwand“, da die Maschine nicht produziert, aber zusätzlich personelle Ressourcen beansprucht. Aus diesem Grund ist der Inbetriebnahme-Prozess so schnell wie möglich abzuwickeln.

Die Inbetriebnahme kann in folgende fünf Schritte untergliedert werden, die hier am Beispiel einer Werkzeugmaschine erläutert wird [2]:

Testteil In der Regel wird die Maschine mit einem Standard-Werkstück des OEMs getestet und auf dieses eingestellt. Es ist empfehlenswert für den Käufer, das Testverfahren mit einem Referenzteil durchführen zu lassen, welches der späteren Nutzung am nächsten kommt. Hier bietet sich die Möglichkeit, eine Leistungsverlaufsmessung durchzuführen und die Erfüllung der Spezifikationen seitens des Herstellers zu überprüfen.

Abnahmetest Jede Funktion des Werkzeugs wird während des Abnahmetestes überprüft. Dies umfasst sowohl alle Schalter als auch alle Funktionen der Steuerung sowie die Notausfunktion. Der finale Maschinentest wird dann vom Käufer in Anwesenheit des OEMs anhand von Käufer-Referenzteilen durchgeführt, um die volle Funktionalität zu gewährleisten.

Dauerbetrieb-Test Nach der Installation des Werkzeugs wird die Werkzeugmaschine im Dauerbetrieb getestet, wobei als Dauerbetrieb eine Testdauer von 6 bis zu 24h empfehlenswert ist. Dieser Test zielt drauf ab, die Maschine an ihrer Belastungsgrenze zu testen.

Betriebsdauer-Verwaltung Die Betriebsdauer und Ausfallzeit der Maschine müssen ab der Inbetriebnahme dokumentiert werden. Während der Garantieperiode ist die Wartung der Maschine inbegriffen bzw. im Kaufpreis enthalten.

Ein-Jahr-Abnahme Nach einem Jahr ist ein erneutes Treffen mit dem OEM ratsam, bei dem alle ausstehenden Angelegenheiten, die der Maschinenspezifikation widersprechen vor Ablauf der Garantieperiode geklärt werden.

Checkliste für Abnahme

Während der Abnahme sollten folgende Punkte geklärt sein:

	<ul style="list-style-type: none"> • Sind die im Pflichtenheft dokumentierten Anforderungen vollständig eingehalten? Werden die technischen Anforderungen vollumfänglich eingehalten? Wenn nein, warum? Wurden deshalb weitere Massnahmen eingeleitet? Wann greifen diese?
	<ul style="list-style-type: none"> • Entspricht der prognostizierte Ressourcenverbrauch dem realen Verbrauch an Energie und Material? Wurden zusätzliche Massnahmen unternommen, den Verbrauch zu senken? Wenn nein, warum nicht?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wurde sichergestellt, dass der weitere Ressourcenverbrauch überwacht und weiter optimiert wird? Wer überwacht dieses Monitoring? Wurden Fachpersonen aus dem Bereich Haustechnik eingebunden?
	<ul style="list-style-type: none"> • Wurde die Schulung vollumfänglich durchgeführt? Wissen die Mitarbeitenden, wie man die Maschinen energieeffizient betreibt?

4. Umsetzung

Umsetzung in Beschaffungs- projekt

Beschaffungen mit hohem Investitionsvolumen und / oder grossen Auswirkungen auf das Unternehmen selbst werden vielfach als Projekte geführt.

- In einem ersten Schritt wird die Ausgangslage analysiert und Lösungsansätze entwickelt (vgl. Abb. 2). Hier geht es um grundsätzliche Überlegungen und Entscheidung – deshalb ist auch die Rede von Strategie
 - In einem weiteren Schritt, und nach einer Führungsentscheid sowie in der Regel einer Berücksichtigung im Budget der folgenden Jahre, wird die „Lösung“ konkretisiert und die Beschaffung vorbereitet.
- Im Kapitel 4.1 wird deshalb aufgezeigt, wie eine Firma bei der Neubeschaffung einer Werkzeugmaschine vorgegangen ist.

Umsetzung im Prozess- management

Firmen beschaffen laufend neue Maschinen & Geräte; deshalb sollten wirkungsvolle Evaluationsprozesse dauerhaft im Prozessmanagement dokumentiert und laufend verbessert werden.

- Im Kapitel 4.2 wird deshalb aufgezeigt, wie eine Firma konkret die Überlegungen und Kontrollfragen der vorliegenden Planungshilfe umgesetzt hat. Als Ergänzung dazu werden auch entsprechende Checklisten angefügt. Diese sind bewusst allgemein gehalten, damit diese einfach bei Bedarf auf die spezifischen Verhältnisse angepasst werden können.

4.1 Neubeschaffung einer Werkzeugmaschine ⁵

Strukturiertes Vorgehen

Im vorliegenden wird die Neubeschaffung einer Werkzeugmaschine zwecks Erhöhung der bestehenden Produktionskapazität beschrieben. Dabei geht es um die „Konkretisierung“ der zuvor festgelegten prinzipiellen Lösung, d.h. Beschaffung einer zweiten Maschine von demselben Hersteller. Dies entspricht dem Planungsschritt, welcher im Kapitel 3.3 zuvor beschrieben wurde.

Hinweise zum gewählten Vorgehen mit Bezug zur vorliegenden Planungshilfe:

- Liste von Investitionsvorhaben (vgl. Tabelle 1 und Tabelle 2): die hier beschriebene Neubeschaffung war beim Umweltbeauftragten bekannt; somit war genügend Zeit vorhanden, gemeinsam und mit externer Unterstützung eine optimale Lösung zu entwickeln.
- Umgebungsintegration (vgl. Tabelle 3): Die Maschine sollte in einer klimatisierten Umgebung mit einem bereits bestehenden Rückkühlsystem betrieben werden; entsprechend sensibilisiert waren die Beteiligten.
- Relevanz (vgl. Tabelle 4a): Aufgrund bisheriger Erfahrungen ging man davon aus, dass ein gewisses Optimierungspotential besteht; zudem wollte man weitere Erfahrungen sammeln für weitere künftige Beschaffungen (Multiplikationseffekt).
- Einbezug Dritter (vgl. Tabelle 4b): Für die detaillierte Beurteilung von Verbesserungsmaßnahmen wurde beispielsweise die ETH Zürich / inspire AG mit einbezogen.
- Messungen & Berechnungen (vgl. Tabelle 4c): Zentral erwies sich eine systematische Analyse der Medienverbräuche.
- Vorgehen: Es wurde zudem ein systematisches Vorgehen gewählt (vgl. Tabelle 4d).

⁵ Züst, R., et al., *Eco-effiziente Produktionsmaschinen in moderner Haustechnik bei METTLER TOLEDO - Hohe Energieeffizienz durch Optimierung des Gesamtsystems*. 2013. <http://www.zuestengineering.ch/index.php?p=news&l=DE&an=0&id=30>

Energieeffizienz ist ein zentrales Thema und wird von Unternehmensleitung unterstützt

METTLER TOLEDO ist der führende Anbieter von Waagen weltweit. METTLER TOLEDO betrachtet Umweltschutz als unverzichtbaren Bestandteil des Unternehmens. Neben den Projekten und kontinuierlichen Verbesserungsmaßnahmen, die im Rahmen der ordentlichen Budgetierung stattfinden, steht zusätzlich ein interner Umweltfonds zur Verfügung, der aus der rückerstatteten CO₂-Lenkungsabgabe finanziert wird. Aus diesem Umweltfonds können unter anderem Vorhaben mit Pilotcharakter oder Umweltmassnahmen, die die vorgegebenen, engen Payback-Zeiten nicht einhalten, mitfinanziert werden.

Modernes Rückkühlsystem in der Produktion

Vor einigen Jahren musste die Kältemaschine ersetzt werden. Prozessbedingt waren hier höhere Kühlleistungen erforderlich, welche entweder ineffizient dezentral oder dann effizient zentral erzeugt werden konnten. METTLER TOLEDO hat sich für letzteres entschieden. Ein wichtiges Ziel der neuen Anlage war einerseits ein hoher Wirkungsgrad, d.h. einen deutlich höheren COP bei gleichzeitiger Nutzung der Abwärme. Realisiert wurde ein zentrales Wärmerückkoppelungssystem.

Evaluation einer zweiten baugleichen Werkzeugmaschine zwecks Kapazitätserweiterung

Für 2013 stand für die Produktion der Wägezellen ein weiteres Fräszentrum auf der Agenda. METTLER TOLEDO hat sich entschieden, eine weitere baugleiche Werkzeugmaschine zu beschaffen – die Strategie (=prinzipielle Lösung) war somit festgelegt. Für weiterführende Optimierungsüberlegungen - im Sinne der Konzeptausarbeitung - war dies eine ideale Ausgangslage, weil bereits eine baugleiche Maschine in Betrieb stand und ein ähnlicher Produktionsprozess sowie Maschinennutzung zu erwarten ist. Die Frage lautete deshalb: Wie müsste die neue Werkzeugmaschine ausgelegt sein, damit sie aus energetischer Sicht optimal in die bestehende Hallenumgebung bei METTLER TOLEDO integriert werden kann?

Lösung konkretisieren und optimieren

Eine detaillierte Messung von Haustechnik und Maschine wurde durch inspire AG / IWF der ETH Zürich durchgeführt (Abb. 4); die Kosten teilten sich der Anwender und der Maschinenhersteller hälftig auf.

Detaillierte Messung und Auswertung

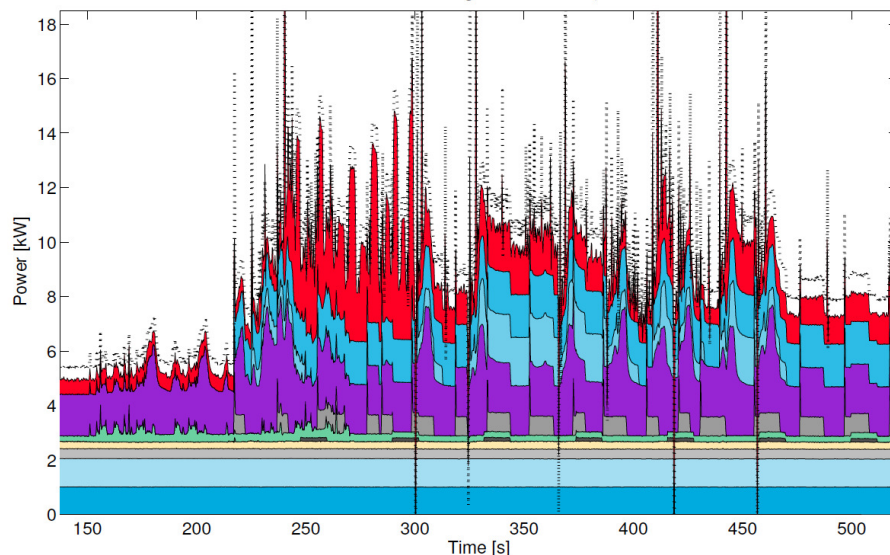


Abb. 4: Leistungsverlauf der bestehenden Werkzeugmaschine während des Fertigungsprozesses (Ausschnitt).

Die Leistung an der Bearbeitungsspindel (rot) schwankt sehr stark. Bei den blau eingefärbten Leistungsanteilen handelt es sich um Pumpen und Kühlsysteme, lila ist der Druckluftverbrauch. Es ist gut erkennbar, dass sowohl letzterer wie auch ein Teil der Pumpen und Kühlsysteme mit konstanter Leistung betrieben werden.

Aufgrund der Erkenntnisse aus den Messungen schlug der Werkzeugmaschinenhersteller drei Anpassungen für die neue Maschine vor. Es waren dies:

- eine bedarfsgerechte Abschaltung der Kühlung des Hauptantriebs bei geringer Last,
- einen Frequenzumformer für eine der Kühlschmiermittelpumpen und
- sparsamere Druckluftkomponenten für Sperrluft und Auflagekontrolle

Drei Massnahmen

Das Ziel bestand darin, eine noch bessere Maschine zu demselben Preis zu erhalten. Durch drei Anpassungen ohne Zusatzinvestitionen konnte hier die folgende Energieeinsparung realisiert werden:

- bedarfsgerechte Abschaltung der Kühlung des Hauptantriebs bei geringer Last im Standby: Einsparung rund 1 kW während ca. 20 % der Einsatzzeit = von 7'000 kWh.
- Frequenzumformer für eine der Kühlschmiermittelpumpen: Senkung der Pumpen-leistung Innerhalb der produktiven Einsatzzeit (25'000 h) um 0.5 kW = 12'500 kWh
- sparsamere Druckluftkomponenten: Leistungsreduktion von ca. 0.5 kW über die Einsatzzeit von 35'000 h = 17'500 kWh.

10%-Einsparung ohne Zusatz-Investitionen

Die Fallstudie bei METTLER TOLEDO zeigt, dass eine Steigerung der Energieeffizienz auch mit kostenlosen Massnahmen bei der Neubeschaffung erreicht werden kann, wie Tabelle 6 zeigt.

Neubeschaffung	<i>Erzielbare Reduktion</i>	<i>Wirksamer Zeitraum</i>	<i>Energie-Einsparung insgesamt</i>	<i>Kosten-Einsparung insgesamt</i>
<i>Massnahme</i>	<i>[kW]</i>	<i>[h]</i>	<i>[kWh]</i>	<i>[CHF]</i>
<i>bedarfsgerechte Abschaltung der Kühlung des Hauptantriebs bei geringer Last</i>	1.0	7'000	7'000	875.00
<i>Frequenzumformer für eine der Kühlschmiermittelpumpen</i>	0.5	25'000	12'500	1'562.50.-
<i>sparsamere Druckluftkomponenten</i>	0.5	35'000	17'500	2'187.50.-
<i>Resultat</i>			37'000	4'625.00

Tabelle 6: Umgesetztes Ecodesign-Massnahmen sowie Einsparpotential bei Neubeschaffung

Bereits realisierte Massnahme an bestehender Maschine

Die bisherige und baugleiche Maschine wurde bereits bei der damaligen Inbetriebnahme nachgerüstet; dies war insbesondere eine „Power-Safe“-Schaltung, welche einen automatischen Ruhezustand nach Schichtende sicherstellte. Mit einmaligen Kosten von ca. 1'900.-€ können so rund 40 MWh, respektive rund 5'000.- CHF jährlich eingespart werden.

Up-Grading der bereits bestehenden Maschine

Aufgrund der vorliegenden Messergebnisse wurde auch geprüft, die bereits bestehende Maschine bei METTLER TOLEDO weiter anzupassen respektive umzubauen. Hier wären hingegen zusätzliche Investitionen notwendig (Tabelle 7):

Mögliches Up-Grading der bestehenden Maschine	Zusatz-Investition	Erzielbare Reduktion	Wirksamer Zeitraum	Energie-Einsparung Restlaufzeit	Kosten-Einsparung Restlaufzeit
Massnahme	[CHF]	[kW]	[h]	[kWh]	[CHF]
bedarfsgerechte Abschaltung der Kühlung des Hauptantriebs bei geringer Last	2'000.00	1	5'600	5'600	700.00
Frequenzumformer für eine der Kühlschmiermittelpumpen	5'000.00	0.5	20'000	10'000	1'250.00
sparsamere Druckluftkomponenten	8'500.00	0.5	28'000	14'000	1'750.00
Resultat	15'500.00				3'700.00

Tabelle 7: Mögliche Ecodesign-Massnahmen und deren Einsparpotential bei Up-Grading der bestehenden Maschine mit Anpassungen und Zusatzinvestitionen

Up-Grading bedeutet aufwändiges Nachrüsten

Bei einer Nachrüstung ist der Aufwand für Einzelmassnahmen erheblich grösser als die zu erwartenden Einsparungen, solange kein anderer Anlass zum Handeln besteht (vgl. Tabelle 7). Alle drei Massnahmen sind im vorliegenden Fall als kundenspezifische Sonderlösungen anzusehen. Die Kosten hierfür sinken, wenn ohnehin eine Intervention auf der Maschine durch den Lieferanten notwendig ist, für Wartungszwecke oder für eine Reparatur am entsprechenden Anlagenteil, oder der Hersteller Retrofit als Geschäftsmodell anbietet.

4.2 Integration & Verankerung im Prozessmanagement

Vordenken...

Energie- und Materialeffizienz kann erhöht werden, falls rechtzeitig das Thema in Vorhaben aufgeworfen und bearbeitet wird; entsprechend wichtig sind deshalb Massnahmen, um frühzeitig im eigenen Betrieb Optimierungsprojekte zu erkennen (vgl. Tabelle 1 sowie Tabelle 2).

Es sind unterschiedliche Massnahmen denkbar, um das Thema „Energie- und Materialeffizienz“ rechtzeitig in Beschaffungsprojekte einzubringen:

- Schulung / Sensibilisierung: Mitarbeitende werden dahingehend informiert, dass diese einen Nutzen erkennen, bei Neu- und Ersatzbeschaffungen das Thema „Energie- und Materialeffizienz“ zu berücksichtigen respektive die entsprechende Fachperson, z.B. den Energie- oder Umweltbeauftragten frühzeitig einzubeziehen.
- Regelmässige Koordinationsmeetings: In der Regel findet in Firmen ein regelmässiger Informationsaustausch zwischen Fachbereichen statt, so auch zwischen Facility Management, Produktion / Technik und Umweltbeauftragten. Insbesondere soll damit sichergestellt werden, dass „sichere & umweltkonforme“ Arbeitsplätze vorhanden sind (Sicherstellung von „legal compliance“). Dies ist ein idealer Zeitpunkt, Fragen bezüglich Verschwendung, überdimensionierter Medienversorgung, zu hohen Kühlleistungen u.ä. anzusprechen. Zudem ist es möglich, Benchmarks zu platzieren, z.B. von anderen Abteilungen mit einer deutlich höheren Effizienz.

Sind einmal die Fragen platziert, wird es deutlich einfacher, über die rechtzeitige Integration von Energie- und Materialeffizienz zu sprechen.

**Gefahr:
Warum ändern, es
hat ja funktioniert?**

Es gibt nachvollziehbare Gründe, Energie- und Materialeffizienz bei der Evaluation unberücksichtigt zu lassen. Investitionsvorhaben sind eine grosse Herausforderung für alle Beteiligten, insbesondere in kleinen Unternehmen, die nicht wöchentlich oder monatlich grössere Beschaffungen vornehmen. Hier besteht die Gefahr, dass das Vorgehen unbesehen aus der Vergangenheit übernommen wird, in der Energie- und Materialeffizienz noch keine Themen waren. Da helfen nur Aufmerksamkeit, und neue, respektive angepasste Prozesse, welche die Themen Energie- und Materialeffizienz rechtzeitig berücksichtigen."

**In bestehende
Prozesse integrieren**

In vielen Unternehmen sind Prozesse dokumentiert, z.B. im Managementhandbuch, basierend auf Anforderungen der ISO 9001 respektive 14001. Mit einer Zertifizierung nach 14001 verpflichtet sich beispielsweise eine Firma, Prozesse einzuführen und aufrechtzuerhalten im Hinblick auf „legal compliance“ und „verbesserte Umweltleistung“; hier sind entsprechende Ergänzungen denkbar.

Konkret kann das Thema „Energie- und Materialeffizienz“ beispielsweise bei den folgenden Prozessen integriert werden:

- „sichere und umweltkonforme Arbeitsplätze sicherstellen“: Werden Maschinen & Geräte neu angeschafft, stellt sich immer die Frage nach Übereinstimmung mit dem Gesetz; teilweise sind sogar Betriebsbewilligungen notwendig. Hier besteht die Möglichkeit, das Thema „Energie- und Materialeffizienz“ einfach anzuhängen.
- Evaluationsprozess: insbesondere bei grösseren Firmen ist die Art und Weise der Maschinen- und Geräteevaluation geregelt; Aspekte der Energie- und Materialeffizienz können hier ergänzt werden.
- Investitionsantrag: In vielen Firmen setzen Investitionsvorhaben, und dies sind in der Regel Neu- und Ersatzbeschaffungen, detaillierte Abklärungen und Berechnungen voraus. Auch hier ist eine entsprechende Anpassung zweckmässig.
- Kontinuierlicher Verbesserungsprozess: KVP, der PDCA-Ansatz und weitere „Problemlösetechniken im Führungsalltag“ stellen bereits den Rahmen in einem Betrieb da, um sukzessive die betriebliche Effizienz zu verbessern. Da braucht es nur noch zweckmässige Ergänzungen.

**Nur so wenig
wie notwendig...**

Dokumentierte Prozesse bedeuten nicht, dass diese immer so gelebt werden; deshalb auch hier: nur so wenig wie notwendig und nicht so viel wie möglich! Insbesondere bei kleineren Beschaffungen – also Fall B und Fall C in Tabelle 4a – sind vereinfachte Abläufe angezeigt.

Im folgenden Kapitel sind verschiedene Checklisten sowie ein Interview-Leitfaden dokumentiert; diese können nach Bedarf im eigenen Unternehmen verwendet werden.

4.3 Checklisten und Interview-Leitfaden

Evaluation erfordert breite Sichtweise

Die Evaluation von Maschinen & Geräten bewirkt in der Regel Veränderungen im Umfeld, sei es durch Medienbedarf, durch zusätzliche bauliche Massnahmen oder durch Wärmeabgabe. Deshalb muss die Evaluation in einem grösseren Kontext betrachtet werden – da helfen die folgenden Checklisten.

4.3.1 Checkliste: Abklärung bauliche Massnahmen

Vermeidung von teuren baulichen Anpassungen

Für den optimalen Betrieb von Maschinen & Geräten sind Infrastrukturen und Rahmenbedingungen notwendig, z.B. Fundament, Medienanschlüsse, klimatisierte Umgebung und genügend Platz für die Logistik. Sind diese nicht vorhanden oder braucht es zusätzliche Massnahmen, sind die finanziellen Konsequenzen häufig nicht unerheblich. Die folgende Checkliste mit einigen wichtigen Fragen soll mithelfen, zusätzliche Kosten und allenfalls Verzögerungen durch zusätzlich notwendige bauliche Massnahmen zu minimieren.

	Fragen	Weitere Abklärungen notwendig
x-1	Flächenbedarf und Tragfähigkeit des Bodens vorhanden? (Wäre alternativer Standort denkbar?)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-2	Anlage / Prozess kritisch bzgl. Erschütterungen? (durch eigenen oder fremden Prozess)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Facility Management einbeziehen
x-3	Separater Sicherheitsabschnitt erforderlich? (z.B. aus Gründen Redundanz, Risikominimierung Betriebsunterbruch etc.)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Facility Management einbeziehen
x-4	Innerbetrieblicher Transport ab Rampe bis Standort sichergestellt? (Anbindung an Logistik? Alternativer Standort?)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-5	Medienversorgung bis Anlage vorhanden? (Stromversorgung, Gas, Druckluft, Kälte, Wärme, Notstrom, USV etc.)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-6	Bestehende Medienversorgung auch bei Spitzenlast ausreichend? (Stromversorgung, Gas, Druckluft, Kälte, Wärme, Notstrom, USV etc.)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-7	USV und / oder Notstromversorgung nötig?	<input type="checkbox"/> Falls ja, Facility Management einbeziehen
x-8	Bestehende Verfügbarkeit der Medienversorgung ausreichend (z.B. aus Gründen Redundanz, Risikominimierung Betriebsunterbruch etc.)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-9	Infrastruktur für Abwasser, Abluft, Abwärme vorhanden? Bei Verschmutzung: für vorgesehene Einleitung zugelassen? (zusätzliche Filter nötig?)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen <input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen
x-10	EMV: Bestehen Immissionsvorgaben, die erfüllt werden müssen? (Einfluss externer Störquellen auf neue Anlage bzw. entsprechende Produkt-Qualität oder Steuerung der Anlage)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Facility Management einbeziehen
x-11	EMV:emittiert neue Anlage hochfrequente Stahlen? (Gesundheitsaspekte (Herzschrittmacher) oder Auswirkungen auf bereits bestehende Anlagen im gleichen Raum)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-12	Müssen auf Grund der Sanierung bereits bestehende Elektroinstallationen / Anlagen modifiziert werden? (Kann Situation genutzt werden, im gleichen Zug Infrastruktur auf Stand der Technik zu bringen? Z.B. Beleuchtung)	<input type="checkbox"/> Falls nein oder unklar, Facility Management einbeziehen

4.3.2 Checkliste: Abklärung gesetzliche Vorschriften

**„Legal compliance“
mit geltender
Gesetzgebung**

Fragen der Sicherheit können direkt oder indirekt einen Einfluss auf die Energie- und Ressourceneffizienz haben. Die folgende Checkliste mit einigen wichtigen Fragen soll die Abklärung bezüglich gesetzlicher Vorschriften unterstützen.

	Fragen	Weitere Abklärungen notwendig
x-1	Werden im Zusammenhang mit der neuen Anlage Gefahrstoffe verwendet?	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheits-Datenblätter beschaffen und Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-2	Wird innerhalb oder ausserhalb der Anlage ionisierende Strahlung emittiert?	<input type="checkbox"/> Falls ja, entsprechende Dokumente beschaffen und Strahlenschutz-beauftragte einbeziehen
x-3	EMV: emittiert neue Anlage hochfrequente Stahlen? (Gesundheitsaspekte (Herzschrittmacher) oder Auswirkungen auf bereits bestehende Anlagen im gleichen Raum?)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-4	Entstehen speziell heisse Oberflächen oder (Service-)Öffnungen, Staub- und Dampfemissionen, heisse ölhaltige Bäder, Gefahrstoffe? (Brandschutz sichergestellt in Kombination mit aktuellen Massnahmen / Verträglichkeit mit bereits getroffenen Massnahmen)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-5	Müssen für die Installation / die neuen Arbeitsabläufe Wände durchbohrt oder eingebaut werden? (Einfluss auf Brandschutz und Feuerwehr-Einsatzpläne überprüfen, Einfluss auf Genehmigungsverfahren, bestehende Betriebsbewilligungen und Verfügungen etc. prüfen Bei Einbau neuer Wände: Entsteht Einzelarbeitsplatz? Sind besondere Alarmierungsmöglichkeiten notwendig?)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-6	Ist die CE-Konformitätserklärung vorhanden?	<input type="checkbox"/> Falls nein, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-7	Werden Gefahrstoffe mit der Abluft emittiert? Werden gesetzl. Grenzwerte eingehalten? (zusätzliche bauliche, technische oder organisatorische Massnahmen)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-8	Muss Abwasser abgeführt werden? Werden gesetzl. Grenzwerte eingehalten? (zusätzliche bauliche, technische oder organisatorische Massnahmen)	<input type="checkbox"/> Falls ja, Sicherheitsbeauftragte einbeziehen
x-9	Entstehen neuartige Abfallfraktionen? (allenfalls Lagervorschriften beachten)	<input type="checkbox"/> Falls Sonderabfälle: Sicherheitsbeauftragte einbeziehen <input type="checkbox"/> Alle anderen Abfälle: Facility Management einbeziehen

4.3.3 Interviewleitfaden: Umweltaspekte

Relevante Umweltaspekte

Die meisten Firmen zählen den Schutz der Umwelt zu ihren Zielen, also: Übereinstimmung mit gesetzlichen Vorgaben und eine sukzessive Verbesserung der umweltorientierten Leistung. Deshalb ist bei Neu- oder Ersatzbeschaffung von Maschinen & Geräten zu prüfen, inwiefern diese Investitionen die Umwelteinflüsse einer Organisation beeinflussen und wie diese von Anfang an minimiert werden können.

Für ein Unternehmen und insbesondere den Umweltbeauftragten ist es wichtig, bei neuen Investitionen rasch die relevanten Umweltthemen zu erfassen – hier soll der folgenden Interview-Leitfaden helfen.

1. Umwelt-Aspekte: Allgemein

	Themenbereiche	Fragen und / oder Kommentare
x-1-1	Falls Ersatzbeschaffung: Alter der bisherigen Anlage	<ul style="list-style-type: none"> - Sind Extremanforderungen noch immer nötig und finanziell tragbar? Welches sind die Kostentreiber bei den Anforderungen? Können minimale und / oder maximale Anforderungen seitens Anwender reduziert werden? Konsequenzen? Bei alten Anlagen: Spezifikationen / Lastenheft immer hinterfragen. - Bei bestehenden Technologien, Steuerungen, Prozessen, bisheriges Konzept sowie Standort hinterfragen. Allenfalls anders platzieren, damit z. B. Abwärme neu genutzt werden kann.
x-1-2	Wichtige Aspekte bei bisheriger Evaluation	<ul style="list-style-type: none"> - In welchem Umfang wurden bis anhin die Themen „Energie- und Materialverbrauch“ sowie Emissionen behandelt?
x-1-3	Bedeutung der Anlage / Maschine / Gerät für das Unternehmen / für den Produktionsbereich	<ul style="list-style-type: none"> - Wie gross ist tragbares Unterbrechungs-Risiko? (Dauer eines Ausfalls auf Grund Überlast, defekte Teile, Anlagenunterhalt etc.) - Welche Redundanzen für welchen Zeitanteil sind deshalb nötig? (in Spitzenzeiten, oder generell) - Ist räumliche Abtrennung von anderen Anlagen notwendig? - Welches sind die Szenarien für Ausfälle?
x-1-4	Betriebsdauer	<ul style="list-style-type: none"> - Betrieb nur zur Abdeckung Spitzenbedarf vorgesehen? - Nur Spezialanwendungen? (→ energetisch eher wenig relevant)
x-1-5	Aktuelle und zukünftige Betriebsarten (Auswirkung auf Regelung)	<ul style="list-style-type: none"> - Welcher Betrieb ist vorgesehen: manuell, teilweise automatisch, vollautomatisch („mannlos“)? Je höher Autonomie, desto wesentlicher ist gute Regelung, speziell bei Störungsverhalten, Wechsel zu Standby und Offmode-Betrieb
x-1-6	Späterer Ausbau / Nachrüstung der Anlage geplant	<ul style="list-style-type: none"> - Muss Anlage ausbaufähig sein? - Wie gross sind die Kapazitäten der Zuleitungen? - Ist späterer autonomer Betrieb geplant?
x-1-7	Später zusätzliche typähnliche Anlagen geplant	<ul style="list-style-type: none"> - Weitere (baugleiche) Maschinen / Geräte / Anlagen vorgesehen? Detailanalyse kann sich wegen Multiplikationseffekt lohnen!
x-1-8	Geplanter Standort der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> - Ist Prozess optimiert? Sind Lean-Konzepte umgesetzt - Sind spezielle Hygieneanforderungen vorhanden? - Ist Betrieb in (teil-) klimatisiertem Bereich vorgesehen? Allenfalls anders platzieren, damit z.B. Abwärme neu genutzt werden kann
x-1-9	Standardisierung (Vereinheitlichung Ersatzteile, Steuerungen, ..)	<ul style="list-style-type: none"> - Sind Standardisierungen vorgesehen? Wie gross ist der Multiplikationseffekt? - Welche Auswirkung hat z.B. vereinfachte Logistik versus Abhängigkeit von wenigen Lieferanten / Produkten?
x-1-10	Einfluss auf bereits bestehende Installationen, Gebäudeteile	<ul style="list-style-type: none"> - Wie ist der Einfluss auf bestehende Infrastruktur? - Kann gleichzeitig eine Verbesserung erreicht werden? (Allenfalls können diese gerade mit saniert werden (z.B. Deckenbeleuchtungen, Rohrleitungen etc.)

2. Umwelt-Aspekte: Anlagenspezifisches Optimierungspotential

x-2-1	Aktueller und zukünftiger Ressourcenbedarf							
	Externer Anschluss für	Mechanische Bearbeitung	Elektrische Bearbeitung	Chemische Bearbeitung	Heizen	Kühlen	Reinigen, trocknen	weitere
	Strom							
	Gas							
	Kälte							
	Wärme							
	Druckluft ⁶							
	Wasser							
	Frischluft							
	Weitere							

(Bemerkung: Ausfüllen möglich in qualitativer Form(=ankreuzen) wie auch quantitativ (konkrete Werte))

Anteil von:							
Volllast							
Teillast							
Betriebsbereit							
Off-mode							

(Bemerkung: Prozentualer Anteil ist wichtig im Hinblick auf die Beurteilung von „Regelmechanismen“ im Kontext Vermeidung von BON)

x-2-2	Spezifische Umgebungsbedingungen gefordert (Feuchte, Temperatur, EMV)?	<ul style="list-style-type: none"> - Hallenklimatisierung nötig? - Spezifikationen hinterfragen (speziell bei IT-Anwendungen): Wie genau muss die Regelung sein? 					
x-2-3	Eingebaute Aggregate / Baugruppen und deren Effizienzklasse						
		Effizienzklasse(n)	Bedarfsgeregt (ja/nein)		Auf welche Last optimiert		
	Pumpen						
	Kompressoren						
	Ventilatoren						
	Weitere Motoren						

x-2-4	Roh- und Verbrauchsstoffe	<ul style="list-style-type: none"> - Welches sind die relevanten Roh- / Verbrauchsstoffe? - Wie ist deren Verbrauch geregelt?
x-2-5	Voraussichtliche Unterhalts- und Wartungskosten	<ul style="list-style-type: none"> - Welches ist bei kritische Komponenten und Kostentreibern die Lebensdauer?
x-2-6	Verwendete Kältemittel	<ul style="list-style-type: none"> - Ist das vorgesehene Kältemittel auch in absehbarer Zeit noch zugelassen?
x-2-7	Abzuführende Wärmelast, Temperaturniveau	<ul style="list-style-type: none"> - Wie gross ist die abzuführende Wärmelast? Wie hoch ist das Temperaturniveau? - Wird bei heissen, feuchten Prozessen allfällige Kondensationswärme genutzt? - Gibt es eine anlagen- / prozessbedingte Wärmerückgewinnung (WRG)? - Ist Wasserkühlung möglich? (Rückkühlsystem)

⁶ Kann im Standby oder Offmode z.B. Sperrluft eliminiert werden?

3. Umwelt-Aspekte: Betriebliches Optimierungspotential

x-3-1	Konsequenzen der neuen Anlagenbeschaffung	<ul style="list-style-type: none"> - Welches sind mögliche Konsequenzen auf andere, bestehende Anlagen und Infrastrukturen? - Welches sind Auswirkungen auf den Ressourcenbedarf, z.B. mögliche (teilweise) Ausserbetriebnahme, kürzere Lastzeiten, Auswirkungen auf bisherige Abwärmenutzung, WRG, etc.?
x-3-2	Geforderte Spezifikationen für Hauptprozess der Anlage	<ul style="list-style-type: none"> - Welches sind die Kostentreiber bei den Anforderungen? - Können minimale und / oder maximale Anforderungen seitens Anwender reduziert werden? - Was wären die Konsequenzen?
x-3-3	Vor- und nachgelagerte Prozesse	<ul style="list-style-type: none"> - Müssen die Teile vor der Bearbeitung vorkonditioniert werden? - Müssen sie nach der eigentlichen Bearbeitung nachbehandelt werden (z.B. auskühlen, reinigen)? - Ist generelle Optimierung (Lean Production) geplant, erwünscht?
x-3-4	Etappierung	<ul style="list-style-type: none"> - Ist rollierende, etappierte Umsetzung möglich? - Gibt es Konsequenzen auf neue / bestehende Anlagen? - Sind Notfallszenarien für Übergangsphase nötig? - Bestehen Ausstiegs- und Stornierungsszenarien, wenn Projektplan geändert würde?

4. Umwelt-Aspekte: Anlagenintegration in bestehende Infrastruktur

x-4-1	Geplanter Standort	<ul style="list-style-type: none"> - Betrieb in (teil-) klimatisiertem Bereich vorgesehen? (Allenfalls anders platzieren, damit z.B. Abwärme neu genutzt werden kann) - Bestehen spezielle Anforderungen (Hygiene, Erschütterungen, etc.)? - Müssen auf Grund der Sanierung bereits bestehende Elektroinstallationen / Anlagen „angetastet“ werden? - Kann Situation genutzt werden, im gleichen Zug Infrastruktur auf Stand der Technik zu bringen? - Standort auf Dach oder im Untergeschoss?
x-4-2	Nutzung der Abwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Kann Abwärme überhaupt genutzt werden? - Kontamination mit Ölen, Gefahrstoffen etc. ausgeschlossen? - Wie steht es mit der räumlichen Nähe? - Ist Infrastruktur bestehend? - Ist Wirtschaftlichkeit gegeben?
x-4-3	Abgabe von Überschusswärme, -kälte	<ul style="list-style-type: none"> - Ist Überschuss und anderweitiger Bedarf zeitgleich? - Wie optimiert: auf Sommer- oder Winterbetrieb? - Wie wird Spitzenlast abfedern?
x-4-4	Abwärme-Abgabe (WRG Abluft / Zuluft: falls Temp > 100 °C: Absorptionskältemaschine falls nicht nutzbar: Abwärme im Sommer immer nach aussen, wenn möglich Free-Cooling, im Winter wenn möglich in Raum führen, Rest durch WRG nach aussen)	<ul style="list-style-type: none"> - Wie hoch ist die maximal mögliche nutzbare Temperatur? - Ist Temperaturniveau variabel? - Welches Medium? - Abwärme als mögliche Wärmequelle nutzen für: <ul style="list-style-type: none"> - Wärmepumpe? - Warmwassererzeugung, Heizung? - Prozesswärme? - Entfeuchtung?
x-4-5	Temperaturniveau Abwärme	<ul style="list-style-type: none"> - Wie hoch ist die maximal mögliche nutzbare Temperatur? - Ist Temperaturniveau variabel? - Wie gross ist der Temperaturbedarf der Abnehmer? - Und mit welchem Medium?

x-4-6	Kältebedarf	- Dank technischer und baulicher Massnahmen Reduktion des Kältebedarfs möglich?
x-4-7	Temperaturniveau Kältebedarf	- Benötigtes Medium? Wasserkühlung möglich? - Ist Temperaturniveau variabel / anpassbar an zentrale Infrastruktur? Wenn möglich, Kälteanlage nur zur Abdeckung der Spitzenlast? Je kleiner Temperaturdifferenz bei Pumpe bzw. Tauscher, desto effizienterer Betrieb
x-4-8	Kondensations- und Verdampfungstemperatur	- Wie hoch ist Niveau der Kondensationstemperatur? - Wie hoch ist Niveau der Verdampfungstemperatur? Sofern Abwärme nicht genutzt werden kann, Kondensationstemperatur so tief und Verdampfungstemperatur so hoch wie möglich So lange wie möglich Free-Cooling, allenfalls mit Hybrid-Kühlturm, Kälteanlage nur für Spitzenlast und möglichst kleinen Temperaturhub
x-4-9	Synergien	- Bestehen Synergien mit anderen geplanten Projekten bzw. Lösungsansätzen für andere Probleme?

Referenzen

1. Züst, R., et al., *Eco-effiziente Produktionsmaschinen in moderner Haustechnik bei METTLER TOLEDO - Hohe Energieeffizienz durch Optimierung des Gesamtsystems*. 2013.
<http://www.zuestengineering.ch/index.php?p=news&l=DE&an=0&id=30>
2. Gamblin, R., *Machine tools: Specification, purchase, and installation*. 2013, New York: McGraw-Hill Education.
3. GE Fanuc. *The Environmental and Economic Advantages of Energy-Efficient Motors*. 2008 [cited 2014 04.04.2014]; Available from:
http://leadwise.mediadroit.com/files/2928energy%20saving_wp_gft688.pdf.
4. Zein, A., et al., *Energy Efficiency Measures for the Design and Operation of Machine Tools: An Axiomatic Approach*, in *Glocalized Solutions for Sustainability in Manufacturing*, J. Hesselbach and C. Herrmann, Editors. 2011, Springer Berlin Heidelberg. p. 274-279.
5. ISO, *ISO 50001:2011 Energy management systems – Requirements with guidance for use*. 2011.
6. Deming, W.E., *Out of the Crisis*. 1982: Massachusetts Institute of Technology, Center for Advanced Engineering Study.
7. ISO, *ISO 14955:2014-01 - Machine tools - Environmental evaluation of machine tools - Part 1: Design methodology for energy-efficient machine tools*. 2014.
8. ISO, *ISO 9000:2005: Quality management systems — Fundamentals and vocabulary*. 2005.
9. Erlach, K. and E. Westkämper, eds. *Energiewertstrom: Der Weg zur energieeffizienten Fabrik*. 2009, Fraunhofer Verl: Stuttgart. 123.
10. Schweitzer, M. and E. Trossmann, *Break-even-Analysen: Methodik und Einsatz*. 2., neubearb. und erg. Aufl ed. Betriebswirtschaftliche Forschungsergebnisse. 1998, Berlin: Duncker & Humblot. XI, 522 S.

Weitere Planungshilfen

Durch die Entwicklung energieeffizienter Produkte kann die MEM-Industrie einen bedeutenden Beitrag zu Klimaschutz, Versorgungssicherheit und Ressourcenschonung leisten. Swissemem (Projektleitung), Züst Engineering AG sowie inspire AG / IWF der ETH Zürich haben mit finanzieller Unterstützung des Bundesamtes für Energie BFE / Energie Schweiz, diverse Planungshilfen für konkrete Fragestellungen aus dem Bereich der Produktentwicklung gemeinsam mit verschiedenen MEM-Firmen entwickelt. Diese sind online verfügbar:

Übersichtsblatt

http://zuestengineering.ch/downloads/1_Planungshilfe_Einfuehrung-d.pdf

Planungshilfe für Abwärmenutzung bei Produktionsmaschinen

http://zuestengineering.ch/downloads/2_Planungshilfe_Abwärme-d.pdf

Optimale Regelung von Maschinen und Maschinenkomponenten

http://zuestengineering.ch/downloads/3_Planungshilfen_BON_d.pdf

Optimaler Einsatz von Produktionsanlagen mit Energie-Monitoring

http://zuestengineering.ch/downloads/4_Planungshilfen_Monitoring-d.pdf

Optimale Auslegung von Kühlschmiermittel auf Werkzeugmaschinen

http://zuestengineering.ch/downloads/5_Planungshilfe_3-KSM-Pumpen-d.pdf

Seegräben, 19.8.2014

Rainer Züst