

4.1 Operationsphasen der Maschinen

Die Maschinen operieren dank der Instandhaltung besser und haben eine längere Lebensdauer. Wenn man Erfahrungen und Kenntnisse über die Instandhaltung hat, können Maschinen mit einer guten Qualität und einem guten Preis beschafft werden bei der Implementierung von Investitionsprojekten. Qualitativ gute Maschinen haben eine hohe Zuverlässigkeit und die längste Nutzungsdauer und ermöglichen eine hohe Produktivität und Effektivität.

Der Lebenszyklus der Maschinen umfasst normalerweise 6 Phasen :

a – **Ideen:**

In dieser Phase werden Ideen des Projektes vorgestellt. Nichts wird implementiert in diesem Projekt.

b – **Technische Anforderungen:**

Das ist eine Phase, in der Ideen von der ersten Phase aufs Papier gebracht werden, um technische Eigenschaften zu beschreiben.

c - **Design:**

Das ist eine Phase, in der Maschinen konstruiert werden entsprechend den technischen Anforderungen.

Die Erstellung von allen detaillierten Konstruktionsentwürfen erfolgt in dieser Phase.

d – **Maschinenbau:**

Dies erfolgt entsprechend den technischen Anforderungen und Konstruktionsentwürfen. Als nächstes werden die Maschinen gekauft. Es ist wichtig, die Qualität der Maschinen aus dem Gesichtspunkt der Instandhaltung zu berücksichtigen. Maschinen sollten preiswert sein, aber es ist wichtiger, gute Instandhaltungsmöglichkeiten zu haben. Maschinen mit einem höheren Preis können beschafft werden, aber sie müssen Mindestanforderungen an die Instandhaltung gerecht werden. Folglich entsteht der Begriff Kosten des Lebenszyklus, welche Einkaufspreis und andere zusätzliche während der gesamten Existenz der Maschinen entstehenden Kosten umfassen.

e - **Betrieb:**

Das ist eine Phase des Benutzers. Maschinen werden benutzt und instandgehalten bis zum Ende der Lebensdauer der Maschinen. Die Lebensdauer kann eine Lebensdauer von technischer oder wirtschaftlicher Art sein. Nach dem Ausfalldatum technischer Art werden die Maschinen defekt und können nicht mehr benutzt werden. Nach dem Ausfalldatum wirtschaftlicher Art kann man die Maschinen immer noch benutzen, aber diese Maschinen sollten ersetzt werden, da sie nicht mehr effektiv arbeiten.

f - **Außerbetriebnahme:**

Dies ist eine Phase, in der die Maschinen nicht mehr arbeiten können.

Es gibt 2 Fälle :

- Die Maschinen werden ausgemustert.
- Die Maschinen werden instandgesetzt.

Die Maschinen können bei der Beschaffung mit niedrigen Preisen gekauft werden, aber die Wahrscheinlichkeit ist hier in diesem Fall ziemlich hoch, daß viele Probleme bei der Operation und Instandhaltung dieser Maschinen entstehen.

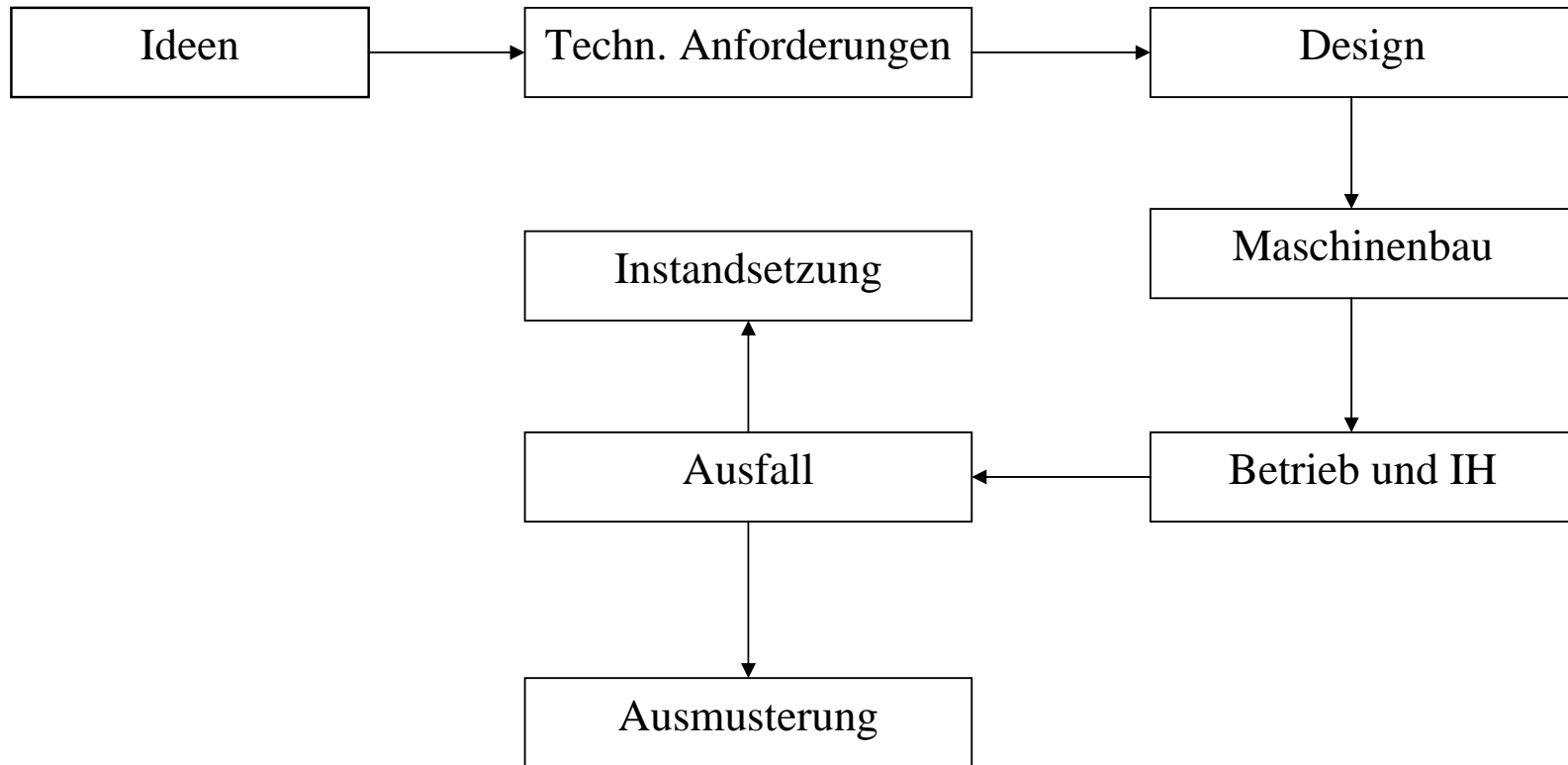


Abb. 4.1 Phasen des Lebenszyklus einer Maschine

Vor der Entscheidung über den Kauf einer Maschine, sollen viele Faktoren der Instandhaltung berücksichtigt werden. Die Maschinen können mit niedrigen Preisen gekauft werden, aber die Anforderungen an die Qualität und erforderliche

Standards werden nicht erfüllt. Deshalb müssen Einkaufsverantwortliche und Projektmanager Kenntnisse und Erfahrungen über die Instandhaltung haben, damit gekaufte Maschinen können den gestellten Anforderungen gerecht werden.

Wenn der Projektmanager keine Kenntnisse und Erfahrungen über die Instandhaltung hat, wird er wenig Finanzmittel für die Instandhaltung bei der Erstellung des Projektentwurfs vorsehen. Dies wird den Instandhaltern Schwierigkeiten bereiten bei der Nutzung und Instandhaltung. Die Erfahrungen und der Instandhaltungsbedarf sollten bei der Beschaffung von Maschinen berücksichtigt werden. Viele Unternehmen haben hohe Gewinne, weil sie ihre Erfahrungen und Kenntnisse über die Instandhaltung schon in der ersten Phase ihres Projektes anwendet.

Die Entwürfe und ihre Änderungen werden kontinuierlich gemacht in allen Phasen eines Projektes. Wenn Aspekte der Instandhaltung berücksichtigt werden und erforderliche Entwurfsänderungen schon in der ersten Phase vorgenommen werden, sinken die Kosten für neue Entwürfe und erforderliche Änderungen. Falls man Aspekte der Instandhaltung vor der Inbetriebnahme der Maschinen nicht berücksichtigt, erhöhen sich die Kosten für Änderungen oder neue Entwürfe um das Tausendfache.

Die Kosten für eine bestimmte Änderung werden wie folgt aufgeteilt:

Phase	Kosten
1	Kostenlos
2	Verdoppelt
3	10 fach höher
4	100 fach höher
5	1.000 fach höher

Wenn frühzeitige Aufmerksamkeit auf die Aspekte der Instandhaltung geschenkt wird, sind die Instandhaltungskosten niedrig.

Preiswerte Maschinen verursachen in vielen Fällen viele Probleme und führen zu höheren Kosten und sind letztendlich teurer als Maschinen mit hohen Kaufpreisen. Um Fehler bei der Beschaffung von Maschinen zu vermeiden, benutzt man den Begriff Kosten des Lebenszyklus bei Beschaffung von neuen Maschinen und Ersatzteilen für eine Firma.

Kosten des Lebenszyklus (LCC)

Normalerweise ist der Kauf von Produkten (Technologie und Maschinen) eine Transaktion zwischen Kunden und Verkäufern. Ein gutes Produkt ist ein Produkt, das alle Bedürfnisse der Kunden zufriedenstellt.

Die Zeit der Beschaffung von Maschinen ist ein sehr langer Prozeß. Es fängt an bei Ideen und dauert bis zur Fertigstellung der Maschinen und Inbetriebnahme dieser Maschinen. Die Zeitdauer ist unterschiedlich lang, abhängig von der Komplexität der Produkte. Während der Beschaffungszeit, sollten die Kunden die Verkäufer überwachen und kontrollieren, um die besten Produkte mit angemessenen Gesamtkosten, basiert auf die Lebensdauer der Produkte, kaufen zu können.

Unter Kosten des Lebenszyklus versteht man die Gesamtkosten aller Kostenstellen, die die Kunden (Käufer, Benutzer) während der Nutzung der Produkte bezahlen müssen.

Die Kosten des Lebenszyklus umfassen Investitionskosten, Betriebskosten, Instandhaltungskosten, Ausmusterungskosten und andere Kosten.

Gründe für Benutzung von LCC

Jeder Lieferer möchte Bedürfnisse der Kunden mit möglich niedrigsten Kosten während der gesamten Nutzungsdauer der Produkte zufriedenstellen.

LCC wird benutzt, um:

- eine Auswahl der Produkte zu treffen.
- die Qualität der Produkte zu verbessern.
- Instandhaltungsorganisationen zu restrukturieren.
- konkurrierende Projekte miteinander zu vergleichen
- langfristig Instandhaltungspläne zu erstellen und Finanzmittel für die Instandhaltung zu planen
- laufende Projekte zu kontrollieren
- Entscheidungen über den Ersatz von Maschinen zu treffen.

Badewannenförmige Kurve

Eine badewannenförmige Kurve beschreibt Kosten der Maschinen im gesamten Lebenszyklus der Maschinen (seit der Inbetriebnahme bis zur Ausmusterung der Maschinen). In der ersten Phase des Betriebes der Maschinen sind die Kosten ziemlich hoch wegen Anlauf (vom Start bis zur Prozeßstabilisierung) der Maschinen. Die Kosten werden danach reduziert und bleiben konstant. Vor dem Zeitpunkt der Ausmusterung steigen die Kosten wieder wegen zusätzlichen Kosten kurz vor dem Ende der Lebensdauer. Die Länge der horizontalen Strecke in der badewannenförmigen Kurve hängt in großem Ausmaß von dem Erfolg des Beschaffungsprozesses. Maschinen mit einer schlechten Qualität haben hohe Kosten und umgekehrt.

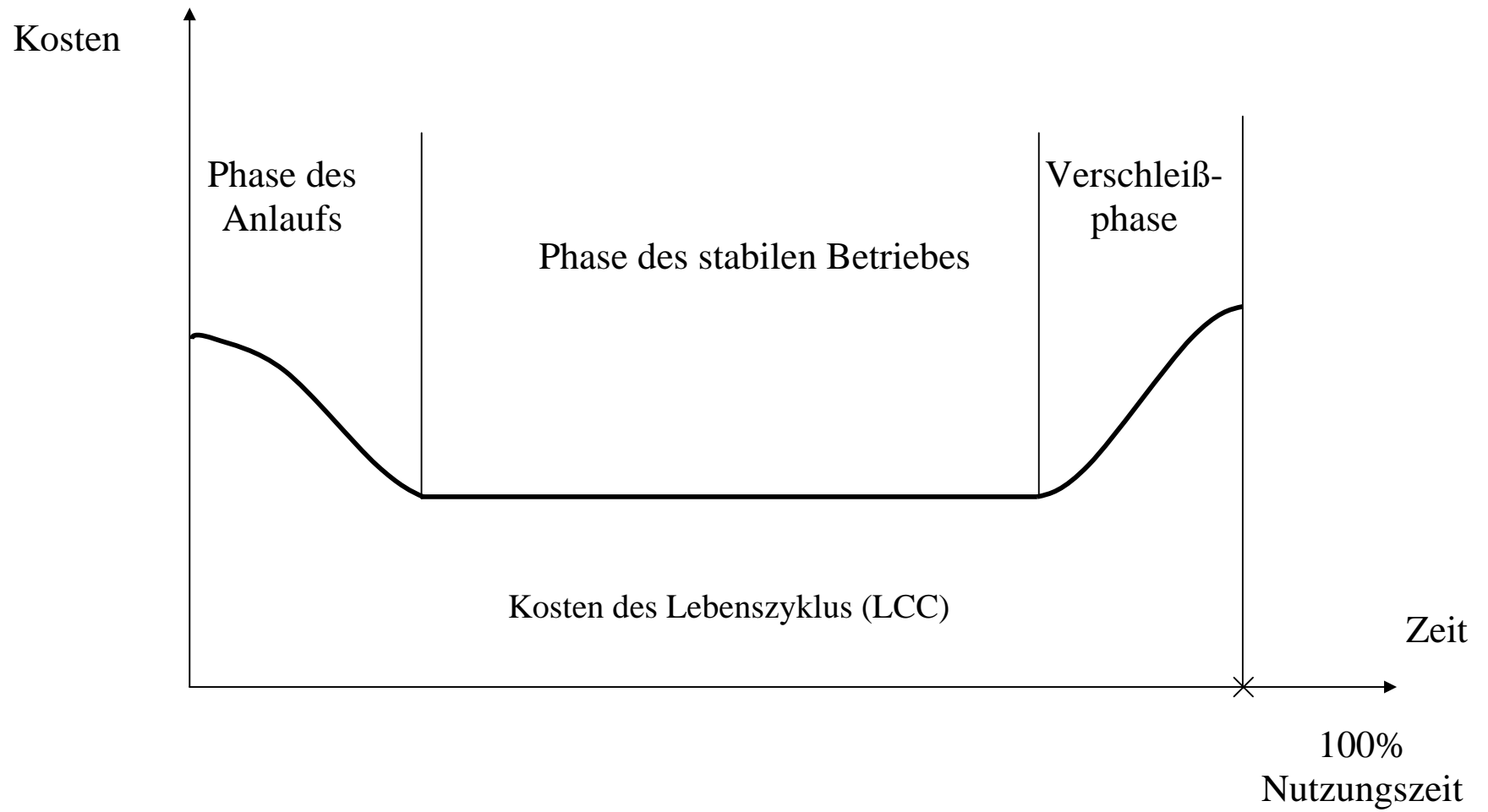


Abb. 4.2 Badewanneförmige Kurve

Profit des Lebenszyklus

Bei der Beschaffung von neuen Maschinen sollte man sowohl die Kosten des Lebenszyklus als auch die Einnahmen des Lebenszyklus in Betracht ziehen. Allerdings ist das wichtigste nicht die Kosten des Lebenszyklus oder Einnahmen des Lebenszyklus, sondern deren Differenz, d. h. Profit des Lebenszyklus.

Die Abbildung 4.3

stellt die Begriffe Einnahmen des Lebenszyklus, Kosten des Lebenszyklus und Profit des Lebenszyklus dar. Damit Maschinen leicht instandgehalten werden können und einen hohen Index der Anlagenverfügbarkeit haben, sollen wahrscheinlich teure Maschinen beschafft werden. Aber wenn während der Verschleißzeit der Maschinen keine typgleichen besseren Maschinen gefunden werden, müssen die vorhandenen Maschinen nicht ersetzt werden. Da der Ersatz von qualitativ schlechteren Maschinen zusätzliche Betriebskosten verursachen. Dies führt zur Erhöhung der Kosten des Lebenszyklus.

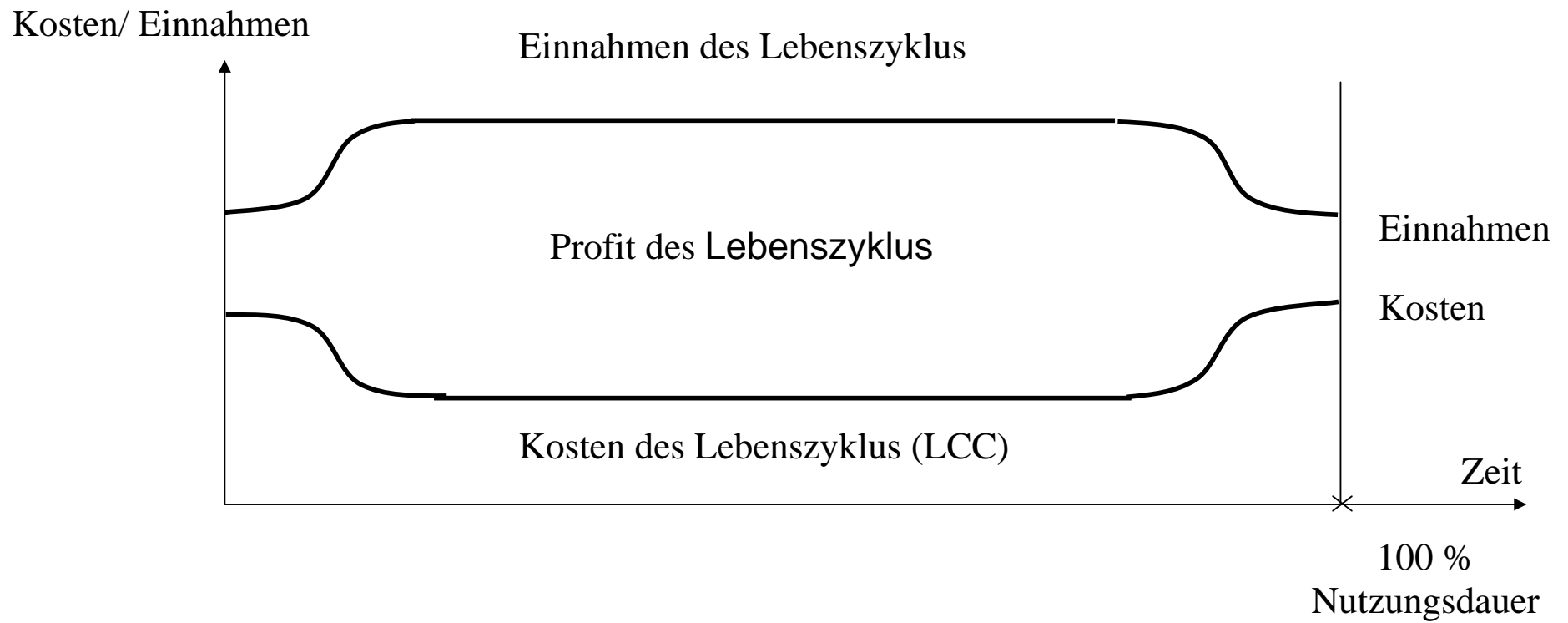


Abb. 4.3 Profit des Lebenszyklus

4.2 Anwendung der Kosten des Lebenszyklus

1 – Kosten des Lebenszyklus werden angewandt, um

- Produkte (Werkzeuge, Maschinen, Technologien, Fließbandproduktionsanlagen etc.) zu vergleichen und für die Beschaffung auszuwählen. Es werden verschiedene Berechnungen gemacht für die unterschiedlichen Optionen und die Option mit dem besten Profit wird ausgewählt.
- Produkte zu verbessern. Das Ziel ist es, die Zuverlässigkeit und Instandhaltungsmöglichkeiten zu erhöhen, die Lebensdauer der Maschinen zu verlängern und die Instandhaltungskosten zu reduzieren.
- die Wirksamkeit der Instandhaltung zu erreichen. Wenn die Aspekte der Instandhaltung schon beim Beginn eines Projektes berücksichtigt werden, dann sind die Kosten des Lebenszyklus normalerweise niedriger.

2 – Beispiele über die Anwendung der Kosten des Lebenszyklus

Beispiel 4.1

Die schwedische Eisenbahn beschafft neue Maschinen (Transformatoren) für die Lokomotiven.

Die erste Alternative: wir haben folgende Daten über die Kosten in einem Jahr:

Anschaffungskosten	0,057 Million USD
Instandhaltungskosten	0,606 Million USD
Stromkosten	0,1 Million USD
Gesamtkosten	0,763 Million USD

Die zweite Alternative: Beschaffung der Transformatoren bei einer anderen Firma mit folgenden Kosten:

Anschaffungskosten	0,066 Million USD
Instandhaltungskosten	0,155 Million USD
Stromkosten	0,1 Million USD
Gesamtkosten	0,321 Million USD

Die zweite Alternative: obwohl die Anschaffungskosten 16% höher sind, aber die Gesamtkosten sind 0,442 Million USD niedriger.

Deshalb werden die Transformatoren der zweiten Alternative gekauft.

Beispiel 4.2 Kosten des Lebenszyklus von einem Wagen der Mittelklasse in den Staaten, der eine gefahrene Strecke von 192.000 km in 12 Jahren hinter sich hat. Anschaffungspreis: 10.320 USD

Zusätzliche Kosten für den Besitzer:

Zubehöre	198 USD
KfZ Zulassung	756 USD
Versicherung	6.691 USD
Plangemäße Instandhaltung	1.169 USD
Steuer	33 USD
Gesamtsumme	8.847 USD

Betriebskosten und Instandhaltungskosten

Benzin	6.651 USD
Außerplanmäßige Instandhaltung	4.254 USD
Reifen	638 USD
Öl	161 USD
Benzinsteuer	1.285 USD
Parkgebühren, Mautgebühren	1.129 USD
Steuer beim Verkauf	130 USD
Summe	14.248 USD
Gesamtsumme	33.415 USD

Tabelle 4.1

Kosten des Lebenszyklus von einigen Konsumgütern

Produkt	Kaufpreis (USD)	Betriebskosten und Instandhaltungskosten (USD)	Kosten des Lebenszyklus LCC (USD)	Gesamtkosten/ Kaufpreis
Klimaanlage	200	465	665	3,3 fach
Geschirrspüler	245	372	617	2,5 fach
Gefrierschrank	165	628	791	4,8 fach
Elektrischer Kocher	175	591	766	4,4 fach
Gaskocher	180	150	330	1,9 fach
Kühlschrank	230	561	791	3,5 fach
Schwarz-weiss Fernseher	200	305	505	2,5 fach
Farbfernseher	560	526	1.086	1,9 fach
Waschmaschine	235	617	852	3,6 fach

3 - Aspekte der Instandhaltung in einem Projekt

LCC Planung

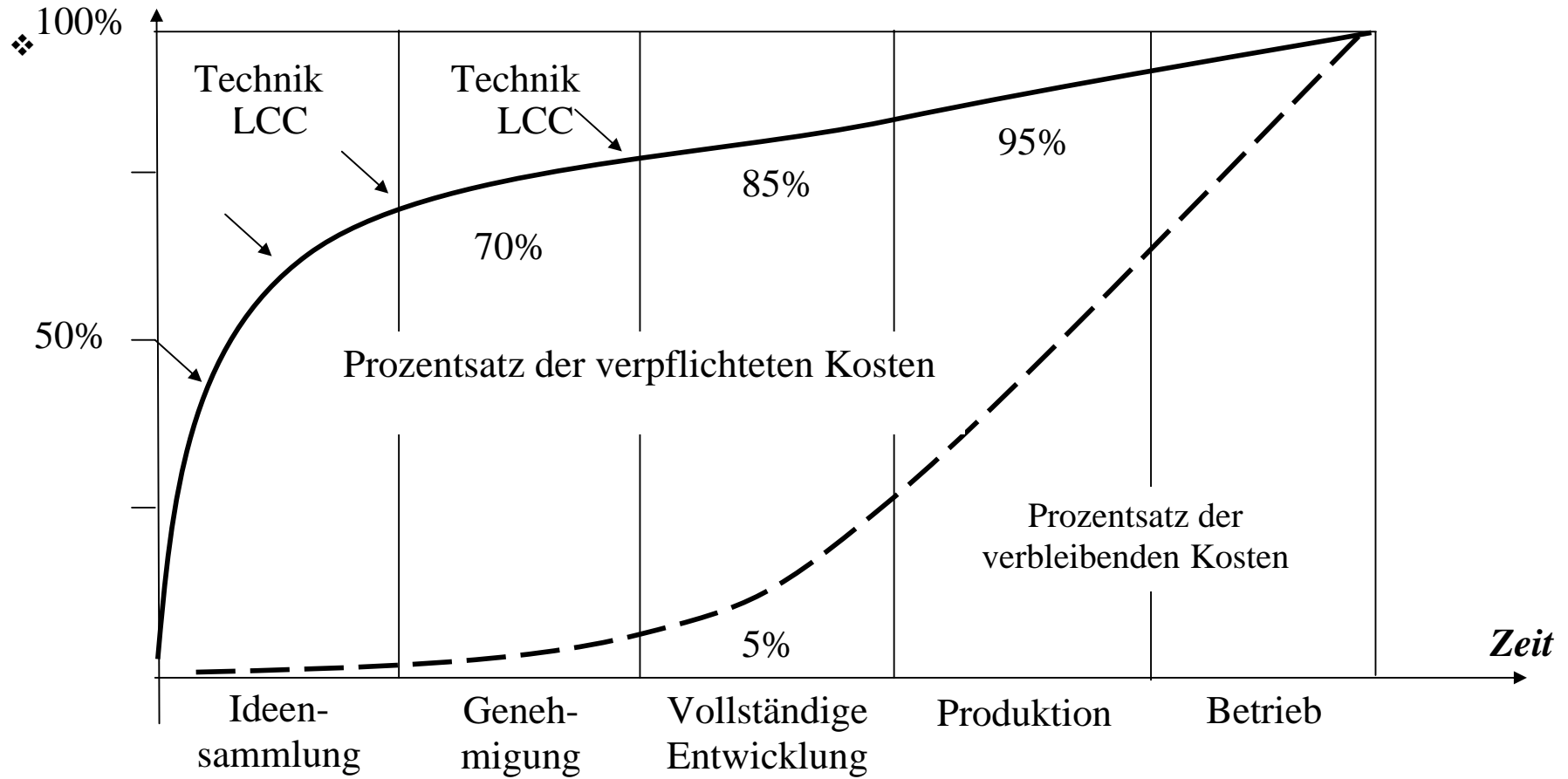


Abb. 4.4 Phasen der Implementierung eines Projektes und LCC

Die Aspekte der Instandhaltung sollen schon in der ersten Phase eines Projektes in Betracht gezogen werden. Viele Studien zeigen deutlich, daß je früher die Aspekte der Instandhaltung berücksichtigt werden, desto mehr gespart werden kann beim Betrieb der Maschinen. Manchmal scheinen die Investitionskosten hoch in der Planungsphase, aber diese Investitionen verbessern die Instandhaltung und zahlen sich aus in der Nutzungsphase.

Mit der Überschreitung der Hälfte der Laufzeit eines Projektes werden erst etwa 5% der Finanzmittel des Projektes ausgegeben. Die maschinenabhängigen Entscheidungen wirken auf LCC bis zu 85%. In der verbleibenden Zeit des Projektes könnten auf nur 15% LCC gewirkt werden.

Um wirtschaftlich arbeiten zu können und einen guten Betrieb der Maschinen in der Zukunft zu gewähren, müssen die Aspekte der Instandhaltung sorgfältig berücksichtigt werden bei der Beschaffung der Maschinen.

Die Verantwortung eines Instandhaltungsmanagers bei der Teilnahme an einem Projekt besteht darin, daß er mit seinen Erfahrungen und technischem Wissen über die Instandhaltung den Projektmanager und den Einkäufer berät. Dadurch wirkt die Instandhaltung auf LCC und die wirtschaftliche Lebensdauer der Maschinen wird verlängert. Wenn die Instandhaltung und Aspekte der technischen Zuverlässigkeit nicht berücksichtigt werden im Projekt oder bei der Beschaffung, dann sind die Kosten in der Phase des Betriebes der Maschinen hoch. Die Kosten des Lebenszyklus sind auch hoch.

Die Verantwortung der Instandhaltungsabteilung besteht darin, daß sie Änderungen zur Verbesserung der Instandhaltung vorschlägt, um die technische Lebensdauer der Maschinen zu verlängern und die Instandhaltungskosten zu reduzieren.

Wenn Aspekte der Instandhaltung in einem Projekt schon von Anfang an berücksichtigt werden, dann sind die Kosten des Lebenszyklus der Maschinen niedriger. Anforderungen, die an die Instandhaltung und die Zuverlässigkeit gestellt werden,

sowie andere Anforderungen wie Standards, technische Bedienungsanleitungen könnten zu höheren Kaufpreisen führen. Aber diese zusätzlichen Kosten werden kompensiert durch erheblich niedrige Kosten des Lebenszyklus.

4 – LCC bei der Beschaffung von Maschinen

Bei der Beschaffung von Maschinen sollte Aufmerksamkeit auf Aspekte der Leistung und der Anlagenverfügbarkeit geschenkt werden. Wenn Maschinen auf Grund der guten technischen Leistung und des hohen Indexes der Anlagenverfügbarkeit, dann läuft der Betrieb dieser Maschinen in einer späteren Phase gut. In diesem Fall spricht man von einem Gleichgewicht des technischen Systems.

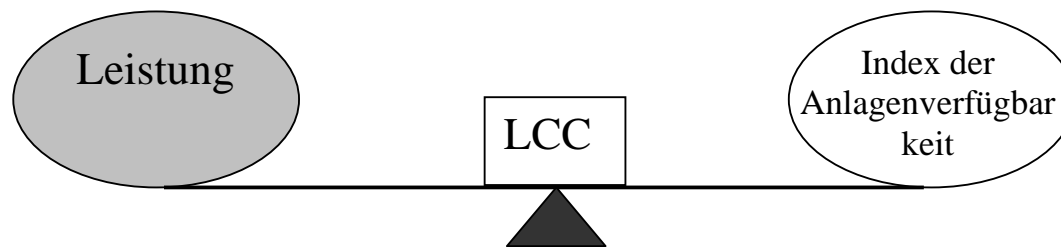


Abb. 4.5 Gleichgewicht zwischen der Leistung und dem Index der Anlagenverfügbarkeit

Normalerweise gibt es Meinungsunterschiede zwischen den Maschineneinkäufern und Instandhaltern.

Die Einkäufer vergleichen ähnliche Maschinen durch Angebote von verschiedenen Firmen und entscheiden für den Kauf der billigsten Maschinen. Die Instandhalter wissen, daß solche Entscheidungen zu vielen Problemen beim Betrieb dieser Maschinen führen werden. Allerdings kann dieses Problem gelöst werden, indem die Wirtschaftlichkeit in einem langen Zeitraum in Betracht gezogen werden. Es gibt ein paar Beziehungen zwischen Preisen, Kosten des Lebenszyklus und dem Index der Anlagenverfügbarkeit, die berücksichtigt werden sollten.

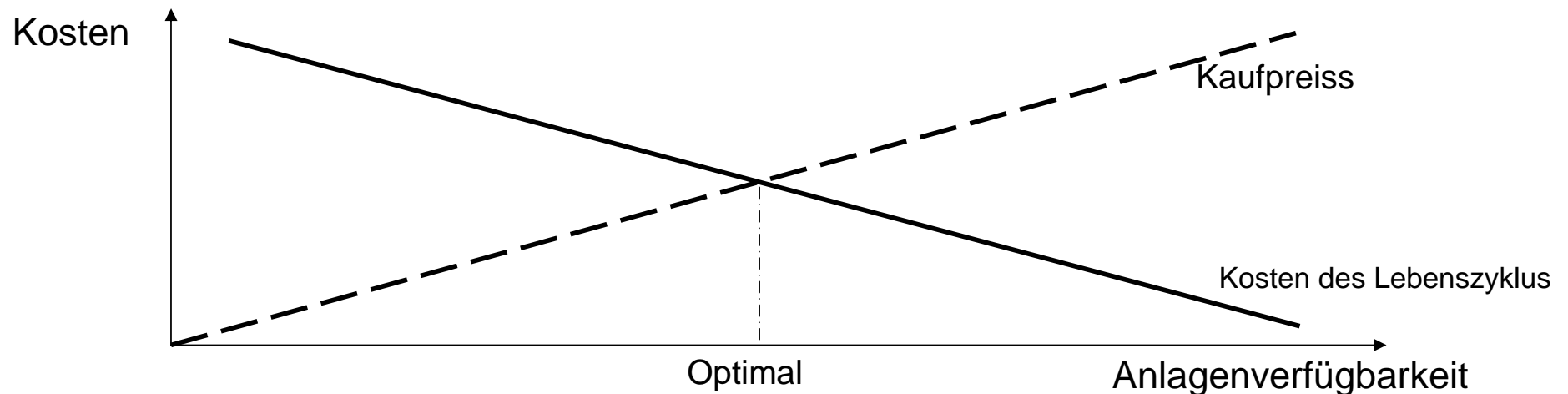


Abb. 4.6 Beziehung zwischen Preisen, Kosten des Lebenszyklus und Anlagenverfügbarkeit

Die Grafik 4.6 zeigt,

daß die Kosten in einem umgekehrten Verhältnis mit der Anlagenverfügbarkeit. Ist der Index der Anlagenverfügbarkeit hoch, ist der Preis auch hoch, aber LCC auch niedrig. Optimal ist die Beschaffung von Maschinen mit einer Anlagenverfügbarkeit zwischen dem höchsten und dem niedrigsten Wert.

5 – Technische Unterlagen der Instandhaltung

Im Beschaffungsprozeß sollten alle technischen Unterlagen festgestellt werden, die erforderlich sind für den Betrieb der Maschinen sowie die Instandhaltung später sind. Im schlimmsten Fall, wenn eine Maschine unvorhergesehen ausfällt und notwendige technische Unterlagen nicht gefunden werden könnten, führt es zur verspäteten Instandsetzung.

Bei der Beschaffung von neuen Maschinen sollen Anforderungen an Standards und technische Unterlagen für die Instandhaltung verdeutlicht werden. Auf Wunsch soll es den Käufer über technische Unterlagen informiert werden. Es ist zu spät, erst nach dem Kauf der Maschinen nach den technischen Unterlagen zu fragen.

Abhängig von unterschiedlichen Maschinentypen gibt es verschiedene technische Unterlagen, aber es kann wie folgt zusammengefaßt werden:

- Technische Zeichnungen mit relevanten Informationen über Materialien und zulässige Fertigungstoleranzen.
- Ein Codierungssystem aller technischen Daten und Zubehöre.
- Für jeden Teil soll es Informationen geben über entsprechende Ersatzteile: ist es ein Standardteil oder ein Spezialteil ?
Lieferungszeit, Preis etc.

- Für jede Maschine soll es Unterlagen über Maßnahmen der Vorbeugungsinstandhaltung geben. Für jede Maßnahme soll es Informationen detailliert wie möglich geben.
- Für jede Maschine soll es auch Anleitungen über die Instandsetzung geben. Diese Anleitungen sollen genau beschreiben, wie die Maschine demontiert, kontrolliert und montiert wird. Manchmal ist es auch notwendig besondere Anleitungen wie Anleitungen über Ablauf der Diagnostik und Fehlerentdeckung.

4.3 Berechnung der Kosten des Lebenszyklus

Kosten des Lebenszyklus können mit der folgenden Formel berechnet werden:

$$LCC = CI + NY (CO + CM + CS).$$

Erläuterungen: LCC – Kosten des Lebenszyklus.

CI – Investitionskosten.

NY – Anzahl der Jahre.

CO – Betriebskosten der Maschine pro Jahr.

CM – Instandhaltungskosten pro Jahr.

CS – Anlagenausfallkosten pro Jahr.

LCC wird berechnet, um verschiedene Optionen miteinander zu vergleichen und auszuwählen aus dem Gesichtspunkt der Wirtschaftlichkeit bei einer Projektplanung oder bei der Beschaffung von Maschinen.

Am schwierigsten ist es bei der Berechnung die Suche nach richtigen Daten, die dann in die Formel eingetragen werden. Es gibt einige Methoden zur Feststellung der erforderlichen Daten für die zu beschaffende Maschine. Die geläufige

Methode ist die Anwendung von Erfahrungen, die bei der Instandhaltung und Produktion in der Fabrik gesammelt werden, um Maschinen oder Ersatzteile zu kaufen sowie LCC zu berechnen. Die Käufer können auch Informationen und Daten von Maschinen, die in anderen Firmen eingesetzt werden, benutzen. Eine gute Beziehung mit den Verkäufern ist wichtig, damit wichtige Daten für die Berechnung zur Verfügung gestellt werden. Im Kaufvertrag soll es eine Vereinbarung geben, daß der Verkäufer verpflichtet ist, dem Käufer erforderliche Daten für die Berechnung von LCC zur Verfügung zu stellen.

Manchmal ist es schwierig, Daten von den Lieferfirmen zu bekommen, aber wenn wir nicht darum bitten, werden wir auch nie diese Daten für die Berechnung bekommen.

1 – Kostenarten LCC

Es gibt unterschiedliche Kostenarten, abhängig von Maschinen, für die LCC berechnet wird.

a. Investitionskosten (CI) $CI = CIM + CIB + CIE + CIR + CIV + CID + CIT$

Erläuterung:

- CIM Investition in Produktionsmittel, Maschinen, elektrische Maschinen und Steuerungsanlagen.
- CIB – Investition in Bau von Gebäuden und Verkehrswegen.
- CIE – Investition in Elektroinstallation.
- CIR – Investition in Ersatzteile.
- CIV – Investition in Werkzeuge und Geräte für die Instandhaltung .
- CID – Investition in technische Unterlagen.
- CIT – Investition in Ausbildung und Fortbildung.

b. Jährliche Betriebskosten $CO = COP + COE + COM + COF + COT$

Erläuterung: COP – Kosten für die Anlagenbediener.

COE - Energiekosten.

COM – Materialkosten.

COF - Transportkosten.

COT – Laufende Kosten für die Fortbildung (kontinuierlich) der Anlagenbediener

c. Jährliche Instandhaltungskosten (CM) $CM = CMP + CMM + CPP + CPM + CRP + CRM + CMT$

Erläuterung: CMP – Kosten für die Arbeitskräfte der Instandsetzung.

CMM – Kosten für die Materialien und Ersatzteile bei der Instandsetzung.

CPP – Kosten für die Arbeitskräfte bei der Vorbeugungsinstandhaltung.

CPM - Kosten für Materialien bei der Vorbeugungsinstandhaltung.

CRP – Kosten für die Arbeitskräfte bei der Renovierung.

CRM – Materialkosten bei der Renovierung.

CMT – Laufende Kosten der regelmäßigen Fortbildung der Instandhalter.

d. Jährliche Anlagenausfallkosten (CS) $CS = NT \times MDT \times CLP$

Erläuterung: NT – Anzahl der Anlagenstillstände wg. der Instandhaltung pro Jahr.

MDT - durchschnittliche Ausfallzeit (in Stunden gerechnet).

CLP – Kosten der Produktionsverluste oder Verluste durch die Instandhaltung (VND/ Stunde)