Kapitel 12

Systeme der Kostenrechnung und Digitalisierung

© Ewert/Wagenhofer/Rohlfing-Bastian 2023.
Alle Rechte vorbehalten!

Springer Gabler

Ziele

- Grenzplankostenrechnung: Kostenplanung und Kostenverrechnung, Arten von Erlösrechnungen und Ergebnisrechnungen
- Prozesskostenrechnung: Vorgehensweise
- Automatisierte Datenanalysen: Möglichkeiten und Herausforderungen
- Predictive Analytics für Planungsrechnungen
- Kausale Zusammenhänge bei Datenauswertungen

Einführung (1)

Grundsätzliche Frage

Wie können im Rahmen der KLR *gute* Informationen für Rechnungen zur Entscheidungsvorbereitung, Kontrolle und Koordination erhalten werden?

Systeme der Kostenrechnung

- Grenzplankostenrechnung
- Prozesskostenrechnung

Einführung (2)

Mögliche Probleme in der Kostenrechnung

- **Aus praktischer Sicht**
  - Messfehler
  - Zuordnungsfehler
- **Aus theoretischer Sicht**
  - Durchschnittskosten bei Synergien
  - Genauigkeit der Ermittlung
  - Anreizprobleme

Empirische Ergebnisse

Untersuchung / Kostenrechnungssystem	*Marner* (1980)	*Frost/ Meyer* (1981)	*Küpper* (1983)	*Küpper/ Hoffmann* (1988)	*Lange/ Schauer* (1996)
Istkostenrechnung		87,0%	52,6%	43,7%	47,6%
Normalkostenrechnung		6,7%	17,0%		15,4%
Reine Teilkostenrechnung	62,5%	10,7%			8,4%
Kombinierte Voll- und Teilkostenrechnung	28,6%	51,3%	38,5%	55,2%	31,5%
Plankostenrechnung		57,6%	32,6%	56,8%	42,9%
Grenzplankostenrechnung			17,8%	18,6%	
Einstufige Deckungs-beitragsrechnung	12,5%	9,8%	9,6%	11,5%	41,4%
Mehrstufige Deckungs-beitragsrechnung	56,3%	25,0%	51,9%	33,9%	58,6%
Relative Einzelkostenrechnung	18,8%				

Friedl et al. (2009) : 95,6 % der deutschen Großunternehmen verwenden eine Istkostenrechnung, 91,1% eine Plan- oder Grenzplankostenrechnung, und 86,7% differenzieren Voll- und Teilkosten

Problem: Untersuchungen nur begrenzt vergleichbar, da die Fragestellungen der Untersuchungen unterschiedlich sind

GPKR - Überblick (1)

- GPKR basiert auf dem verbrauchsorientierten Kostenbegriff
- GPKR besteht aus zwei Bereichen
  - **Kostenplanung**
  - **Kostenkontrolle**
- GPKR dient zur Fundierung von Entscheidungen
  - Entscheidungsrelevanz der Kosten besitzt eine zentrale Rolle
- Im Rahmen der GPKR werden lineare Kostenverläufe unterstellt

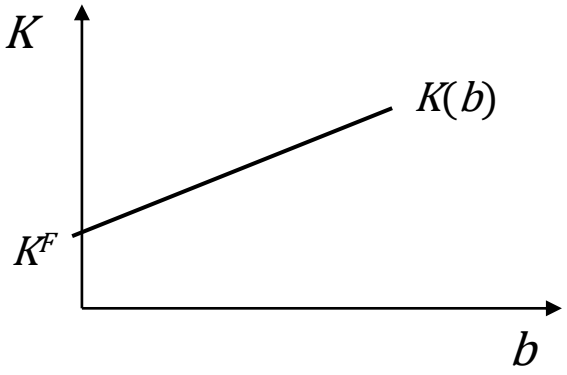
$$K = K^F + k \cdot b$$

b = Bezugsgröße
k = variable Kosten je Bezugsgrößeneinheit
K^F = fixe Kosten
K = Gesamtkosten (eines Bezugsobjektes)

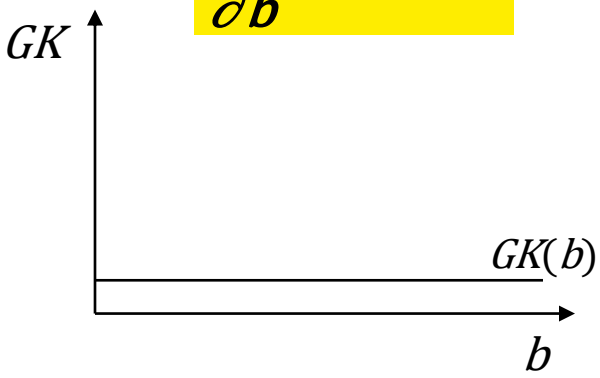
GPKR - Überblick (2)

- Ermittlung des Stückkostensatzes k ist eine Kernaufgabe dieses Kostenrechnungssystems
- Kostensatz k hat zentrale Bedeutung für
  - **Entscheidungsrechnung** (stellt die Grenzkosten dar) und
  - **Kontrollrechnung** (zur Ermittlung der Sollkosten)
- Bei linearem Kostenverlauf sind variable Kosten auch bezugsgrößenspezifische Grenzkosten
  - Deshalb Bezeichnung „Grenzplankostenrechnung“

$$K = K^F + k \cdot b$$



$$\frac{\partial K}{\partial b} = GK = k$$



GPKR - Überblick (3)

Prämissen der GPKR

- Die Kosten werden deterministisch geplant
- In der Kostenplanung wird mit festen Verrechnungspreisen bzw gegebenen Wertkomponenten gearbeitet
- Die Beschäftigung des Unternehmens ist variabel und stellt die maßgebliche Kosteneinflussgröße dar
- Die Plankosten lassen sich eindeutig in proportionale und fixe Bestandteile trennen
- Für alle Entscheidungsvariablen werden nur Teilkosten als beschäftigungsproportionale Kosten angesetzt

Die Prämissen dienen der Reduktion der Komplexität, damit Kostenrechnung „bewältigbar“ wird, ohne zu einem völlig falschen Bild der Realität zu führen

GPKR - Ablauf der Kostenplanung (1)

- Planung der Kosten erfolgt getrennt für Einzel- und Gemeinkosten bezogen auf die Produkte
  - Beschäftigung spielt zentrale Rolle in der GPKR

Bestimmung von Planpreisen

Planung der Einzelkosten

Planung der Gemeinkosten (Kostenstellenkosten)

Kostenträgerstückrechnung

GPKR - Ablauf der Kostenplanung (2)

- Einzelkosten werden nach dem Verursachungs- oder Beanspruchungsprinzip zugerechnet
- Gemeinkosten werden für einzelne Kostenstellen geplant
- Variable Gemeinkosten (= Kostenstellenkosten) werden den Produkten mit Hilfe der Kostenstellenrechnung zugeteilt
- Im Rahmen der Kostenstellenrechnung können zusätzlich auch fixe Produktkosten weiter verrechnet werden (z.B. für die Preisermittlung bei öffentlichen Aufträgen)
  - Dieses Vorgehen entspricht der traditionellen Vollkostenrechnung

Bestimmung von Planpreisen

Verbrauchsorientierter Kostenbegriff

Kosten = sachzielbezogener Planverbrauch · Planwertansatz

Planwertansatz = künftig zu zahlende Beschaffungspreise

- Festlegung der Zeitspanne, für die die Planpreise gelten sollen
- Relevanter Planpreis ist der durchschnittliche Preis der Planungsperiode
- Eventuell sinnvoll, eine Trennung von Mengen- und Wertrechnung vorzunehmen, um Preisanpassungen zu ermöglichen
  - Führt zu einer Primärkostenrechnung
- Bei manchen Faktoren, die nicht regelmäßig beschafft werden, wie etwa Fremdreparaturen, bestimmte Dienstleistungen usw., können keine Preise angegeben werden, für sie ist ein voraussichtlicher Planbetrag anzugeben

Planung der Einzelkosten

- Bestandteile der Einzelkosten
  - **Materialeinzelkosten**
  - **Lohneinzelkosten**
  - **Sondereinzelkosten**

- Planung der Einzelkosten erfolgt meist pro Kostenträger
- Lohneinzelkosten werden allerdings meist über die Kostenstellen verrechnet
  - Sinnvoll, wenn diese Kosten im Rahmen der **Kontrolle der Kostenstellenkosten** mit einbezogen werden sollen

Planung der Materialeinzelkosten (1)

Ermittlung der MEK

Netto-Planeinzelmengen (Nettoverbrauch)

Einzelmaterialmengen, die bei planmäßiger Produktgestaltung, planmäßigen Materialeigenschaften und planmäßigem Fertigungsablauf effektiv in einer Kostenträgereinheit enthalten sind

\+ Aufschlag für Planabfallmengen, Ausschüsse und ähnliches

= Brutto-Planeinzelmenge (Bruttoverbrauch)

mal Planpreis

= faktorspezifische MEK

→ Wiederholung für alle Faktorarten und Summation

= produktspezifische MEK

Planung der Materialeinzelkosten (2)

Möglichkeiten zur Ermittlung von Netto- und Bruttoverbräuchen

- Verwendung von (bereinigten) Vergangenheitswerten
- Schätzungen von Meistern, Kostenplanern oder Vorarbeitern
- Durchführung von technischen Studien und Berechnungen
- Durchführung von Probeläufen oder Fertigung von Prototypen
- Verwendung von externen Richtzahlen, z.B. von ähnlichen Produkten

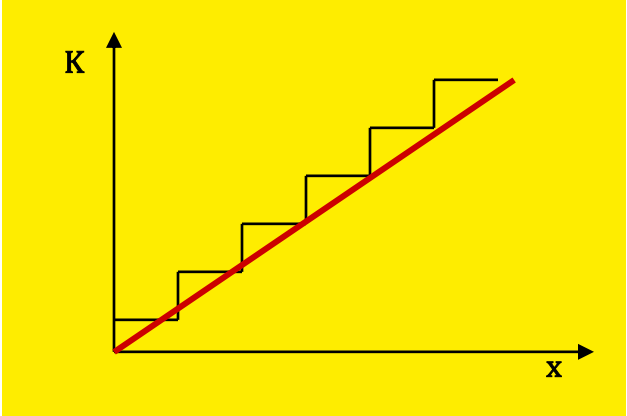
Planung der Lohneinzelkosten

- Lohneinzelkosten vornehmlich Löhne der Mitarbeiter, die unmittelbar produktbezogene Tätigkeiten ausführen → Fertigungslöhne
- Planung ist abhängig vom vorliegenden Lohnsystem
  - **Akkordlohnsystem**
    - Dem Mitarbeiter werden Vorgabezeiten für die Produktbearbeitung gegeben
    - Der Mitarbeiter erhält pro Vorgabezeiteinheit einen festen Lohn
    - Lohneinzelkosten = Vorgabezeit · Lohn pro Vorgabenzeiteinheit
  - **Zeitlohnsystem**
    - Ebenfalls Ermittlung von Planarbeitszeiten und deren Bewertung mit dem geplanten Lohnsatz
    - Vorgehen verstößt gegen das Verursachungsprinzip
      → ermittelte Kosten sind an sich nicht entscheidungsrelevant
    - Vorgehen in der Praxis weit verbreitet, kann als spezifische Vereinfachung angesehen werden

Planung der Sondereinzelkosten

- Beispiele für Sondereinzelkosten der Fertigung und des Vertriebs
  - Stücklizenzen
  - Einmalwerkzeuge, wie Gießformen
  - Produktspezifisches Verpackungsmaterial
  - Besondere Vertriebsprämien

- Meist werden jedoch auch Kosten mit einbezogen, die Einzelkosten bezogen auf eine bestimmte Produktmenge sind



→ Aus Vereinfachungsgründen
Verwendung des Durchschnittsprinzips

Ablauf der Gemeinkostenplanung

- Bestimmung von Planpreisen
- Planung der Einzelkosten
- Planung der Gemeinkosten (Kostenstellenkosten)
- Kostenträgerstückrechnung

Planung der Gemeinkosten (Kostenstellenkosten)

- Einteilung in Kostenstellen
- Planung der Bezugsgrößen in den einzelnen Kostenstellen
- Aufstellung der Kostenpläne und Bestimmung der Kalkulationssätze

Einteilung in Kostenstellen

- Kostenstellenrechnung ist Kernstück dieses Kostenrechnungssystems
- Kostenstellenrechnung dient der Planung und der Kontrolle
- Verrechnung der variablen Gemeinkosten auf die Produkte
- Aus den Zwecken resultieren Kriterien der Kostenstellenbildung
  - In einer Kostenstelle sollten nur Unternehmensbestandteile zusammengefasst werden, deren Kostenverursachung keine wesentlichen Unterschiede aufweisen
  - **Ermöglicht genaue Kostenplanung**
  - Kostenstellen sollten möglichst selbstständigen Verantwortungsbereichen entsprechen
  - **Ermöglicht Zuweisung von Verantwortung für Abweichungen bei Kontrollen**
- Bei der Bildung von Kostenstellen sind stets Wirtschaftlichkeitsüberlegungen miteinzubeziehen

Planung der Bezugsgrößen

- Höhe der Kosten wird meist durch eine Vielzahl von Kostenbestimmungsfaktoren determiniert
- Aus Vereinfachungsgründen werden diese nicht alle erfasst
- Bezugsgrößen fungieren als Maßgröße der Kostenverursachung
- Bezugsgrößen können grundsätzlich zwei Funktionen besitzen
  - Kostenverursachungsmaßstab für die Kostenstellen
  - Eigenschaft, mit dem Kostenträger in einer dem Verursachungsprinzip genügender Beziehung zu stehen

    Daraus resultieren Bezugsgrößen mit einfacher (meist erster) oder doppelter Funktion
- Bei der Bezugsgrößenwahl für jede Kostenstelle sind zwei Festlegungen zu treffen
  - Qualitative Bezugsgrößenplanung
  - Quantitative Bezugsgrößenplanung

Qualitative Bezugsgrößenwahl

Einflussfaktoren bei der Bezugsgrößenwahl

- Direkte Bezugsgrößen
  Indirekte Bezugsgrößen
  - Homogene Kostenverursachung
    - Eine Bezugsgröße
  - Heterogene Kostenverursachung
    - Verfahrensbedingte Heterogenität
      - Mehrere Bezugsgrößen
        (differenziert nach Verfahrensbedingungen)
    - Produktbedingte Heterogenität
      - Mehrere Bezugsgrößen
        (differenziert nach Produkten)

Heterogene Kostenverursachung

- Bei heterogener Kostenverursachung ist selbst dann nur eine Bezugsgröße notwendig, wenn die Bezugsgrößen in einem festen Verhältnis zueinander stehen

  „Gesetz der Austauschbarkeit der Maßgrößen“

- Selbst bei heterogener Kostenverursachung sind bei der Kostenplanung im Rahmen der GPKR implizit
- Vorabfestlegungen bestimmter Kosteneinflussgrößen notwendig

Direkte und indirekte Bezugsgrößen

- Direkte Bezugsgrößen = Ableitung aus der Leistung der betrachteten Kostenstelle
- Indirekte Bezugsgröße = Ableitung aus der Leistung einer anderen Kostenstelle
- Indirekte Bezugsgrößen werden häufig bei der Kalkulation verwendet, denn bei fertigungsfernen Kostenstellen sind die direkten Bezugsgrößen meist solche mit einfacher Funktion

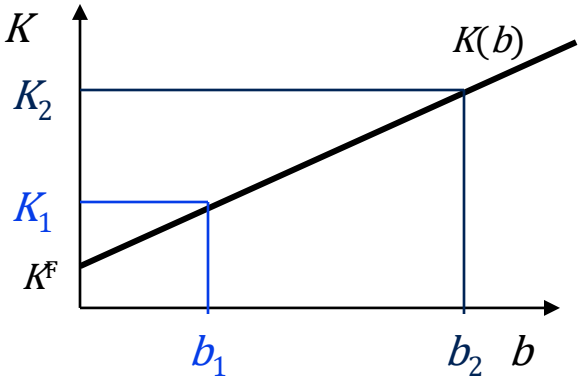
- Durch indirekte Bezugsgrößen werden Grenzkosten zu einer *„schillernden Größe“*
- Indirekte Bezugsgrößen sind nur als Notlösung anzusehen
- Soweit wie möglich sind direkte Bezugsgrößen zu verwenden

Quantitative Bezugsgrößenplanung

- Festlegung der Planbeschäftigung und Festlegung der Planmengen der ermittelten Bezugsgrößen
- Planbeschäftigung bedeutsam für Kostensätze bei Verwendung indirekter Bezugsgrößen
- Zwei Möglichkeiten bei der Ermittlung der Planbeschäftigung
  - **Kapazitätsplanung** → Planung wird orientiert an der Kapazität der jeweiligen Stelle, z.B. an der kostenoptimalen, der maximalen oder der normalen Kapazität
  - **Engpassplanung** → Planung wird orientiert an der Stelle, die letztlich den Engpass im Unternehmen darstellt
    - **Vorteil der Engpassplanung**
      Abstimmung der stellenspezifischen Planbeschäftigung
    - **Nachteil der Engpassplanung**
      Der tatsächlich wirksame Engpass ist häufig erst nach Verwendung der Kostenrechnung und darauf aufbauender Lösung des Problems der optimalen Produktions- und Absatzprogrammplanung bekannt

Aufstellung der Kostenpläne - Primärkostenrechnung (1)

- Für Haupt- und Hilfskostenstellen müssen primäre Kostenstellenkosten geschätzt werden
- Methoden zur Planung der primären Stellenkosten
- Statistische Methoden der Kostenplanung
  - Verwendung bereinigter Istkosten, z.B. bei der „Mathematischen“ Kostenauflösung bzw. dem Hoch-Tiefpunkt-Verfahren
  - Statistische Verfahren, z.B. Regressionsanalyse



- Stärke und Schwäche des Ansatzes: Es werden nur zwei Datenpaare verwendet
- Besser ist Verwendung einer Datenreihe und Durchführung einer linearen Regression

Aufstellung der Kostenpläne - Primärkostenrechnung (2)

- Nachteile der statistischen Methoden
  - Mangel an Daten für Istgrößen und Istbezugsgrößen
  - Mangelnde Variabilität vorhandener Daten (Streupunktballung)
  - Bereinigung der Istdaten schwierig

- Analytische Methoden der Kostenplanung
  - Planmäßige Kostenauflösung
  - Für jede Gemeinkostenart wird untersucht, welche Kosten bei der Planbeschäftigung und welche Kosten zur Aufrechterhaltung der Betriebsbereitschaft anfallen **sollen**
  - Differenz wird durch die Planbezugsgröße geteilt
  - Vorgehen wird für jede Kostenart wiederholt
  - Durch Summation erhält man dann die Kosten der Betriebsbereitschaft (bzw. Fixkosten) und die variablen Kosten der Kostenstelle
    - **Einstufige analytische Kostenplanung**

„Cost Stickiness“

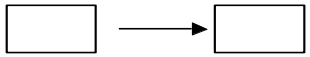
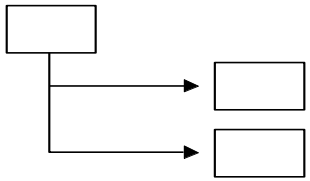
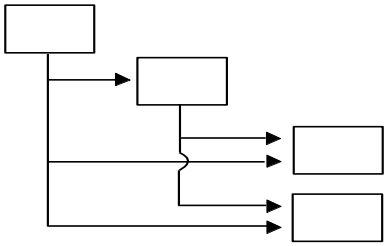
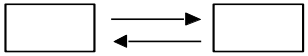
- Verringerungen der Beschäftigung in einer Periode führen nicht in gleichem Ausmaß zu Kostenreduzierungen dieser Periode wie Beschäftigungserhöhungen

- Erklärungsansätze
  - Management wartet mit dem Abbau, bis sich die Erwartungen über die Dauer des Absatzrückgangs gefestigt haben
  - Vertragliche und rechtliche Faktoren (z.B. Kündigungsfristen)
  - Agency-Probleme („*private benefits of control*“)

- Implikationen
  - z.B. Gültigkeit von Linearitätsprämissen in Systemen wie der GPKR?

Sekundärkostenrechnung (1)

Beispiel: Verrechnung der Kosten der Vorkostenstellen auf die Endkostenstellen
→ gewählte Methode sollte von vorliegender Produktionsstruktur abhängig sein

Typen innerbetrieblicher Leistungsverflechtungen	Art der Leistungsverflechtung	Anwendbare Verfahren der innerbetrieblichen Leistungsverrechnung
Typ I 	Einseitige, einstufige Leistungsabgabe an eine Kostenstelle	• Summarische oder kostenartenweise Umlage • Verrechnung einzelner innerbetrieblicher Leistungen - Kostenartenverfahre - Kostenstellenausgleichsverfahren - Kostenträgerverfahren
Typ II 	Einseitige, einstufige Leistungsabgabe an mehrere Kostenstellen	
Typ III 	Einseitige, mehrstufige Leistungsabgabe	• Kostenstellenumlageverfahre - Anbauverfahren (Blockumlage) - Stufenleiterverfahren (Treppenumlage)
Typ IV 	Gegenseitige Leistungsabgabe	• Gleichungsverfahren • Iteratives Verfahren • Gutschrift-Lastschrift-Verfahren

Sekundärkostenrechnung (2)

Gegenseitige Leistungsverflechtung

- Kostenstellenausgleichsverfahren
- Gleichungsverfahren

$$
\begin{aligned}
b_1 \cdot c_1 &= PK_1 + \sum_{j=1}^{I} b_1 \cdot v_{1j} \cdot c_j \\
\vdots \quad & \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\
b_I \cdot c_I &= PK_I + \sum_{j=1}^{I} b_I \cdot v_{Ij} \cdot c_j
\end{aligned}
$$

Lösung des Gleichungssystems ergibt die einzelnen Grenzkostensätze c_i der jeweiligen Hilfskostenstellen

b_i	Planbezugsgröße der Hilfskostenstelle i, $i = 1, ..., I$
c_i	Proportionaler Planverrechnungssatz der Hilfsstelle i
PK_i	gesamte proportionale primäre Plankosten der Hilfsstelle i
v_{ij}	Proportionaler Planverbrauch an innerbetrieblichen Leistungen der Stelle j je Bezugsgrößeneinheit der Stelle i, $j = 1, ..., J$

Kalkulationssätze der Hauptkostenstellen

- Für jede Kostenstelle werden nun Kalkulationssätze gebildet
- Bei homogener Kostenverursachung folgt

$$\textbf{Kalkulationssatz der Stelle } i = \frac{PK_i + SK_i}{b_i^p}$$

SK_i	sekundäre proportionale Kosten der Stelle i
$b^p{}_i$	Planbezugsgröße der Stelle i

- Bei heterogener Kostenverursachung Verwendung der jeweiligen bezugsgrößenspezifischen primären und sekundären Plankosten

Kostenträgerstückrechnung

- Zusammenführung der Einzelkosten- und der Gemeinkostenrechnung
- Vorgehensweise bei Kalkulation ähnlich elektiver Zuschlagskalkulation
  - Unterschied besteht darin, dass nur in Ausnahmefällen die Einzelkosten bzw. die Herstellkosten als Zuschlagsbasis verwendet werden, es kommt zur Verwendung der gewählten Bezugsgrößen
- Grenzselbstkosten grundsätzlich die relevanten Kostengrößen
- Zur Ermittlung der Grenzselbstkosten sind die bereits gezeigten Rechenschritte notwendig
  - Dabei werden zur Vereinfachung viele Annahmen getroffen, vor allem Proportionalitätsannahmen
  - Durch Anwendung des Durchschnittsprinzips kommt es zu weiteren Fehlern
  - Die ermittelten Grenzkosten sollten deswegen als Approximation verstanden werden

Erlösrechnung

Pendant zur Kostenrechnung

- Bestandteile der Leistungsrechnung
  - Erlösrechnung
  - Bestandsrechnung
  - Innerbetriebliche Leistungsverrechnung
- Planung der Erlöse grundsätzlich analog zur Planung der Kosten
  - **Trennung in Erlösarten-, Erlösstellen-, und Erlösträgerrechnung**
  - **Prämissen analog zu den Prämissen der GPKR**
    - Deterministische Planung der Erlöse
    - Fest vorgegebene Absatzkonditionen
    - Absatzmenge ist variabel und ist maßgebliche Erlöseinflussgröße
    - Planerlöse lassen sich eindeutig in proportionale und fixe Bestandteile trennen
    - Relevante Größen sind nur Teilerlöse als absatzmengenproportionale Erlöse

Erlösartenrechnung

- Preis für ein Produkt setzt sich aus verschiedenen Erlösarten zusammen

	Basiserlös
+	Zuschläge (z.B. für Sonder- und Zusatzleistungen, kleine Mengen usw.)
=	**Bruttoerlös**
–	Erlösminderungen, die bei Rechnungsstellung sofort in Abzug gebracht werden können (z.B. Mengen- und Funktionsrabatte)
–	Erlösminderungen, (z.B. Gutschriften, Kundenskonti, Preisnachlässe aufgrund von Mängelrügen, Boni usw.)
=	**Nettoerlös**

Erlösstellenrechnung

- Planung vor allem der Erlösschmälerungen in Erlösstellen
  - Es existieren verschiedene Gliederungskriterien, z.B. Produktgruppen, Kundengruppen, Absatzwege oder -methoden, Marktsegmente
  - Wahl des Gliederungskriteriums, bei dem eine Planung der Gemeinerlöse am besten möglich ist
- Bei der qualitativen Bezugsgrößenplanung werden meist Absatzmengen gewählt
- Die quantitative Bezugsgrößenwahl basiert meist auf erlösstellenspezifischen Absatzhöchstmengen
  - Absatzhöchstmengen resultieren aus der Marktforschung, aus Erfahrungswerten oder Vermutungen
- Häufig Verwendung des Durchschnittsprinzips
  Verstoß gegen das Verursachungsprinzip
- Durchführung der Erlösstellenrechnung vor allem zur Aufteilung der Gemeinerlöse und zur Erlöskontrolle

Erlösträgerrechnung

- Ermittelte Gemeinerlöse finden Verwendung in der Kalkulation
  → Ermittlung des (durchschnittlichen) Erlöses pro Produkt
- Erlösträger sind Endprodukte und innerbetriebliche Leistungen
- Probleme bei Erlösinterdependenzen zwischen den Produkten bzw. Leistungen

Ergebnisrechnung (1)

- Ergebnisrechnung führt GPKR und GPER auf Basis von Produkten zusammen
  - Im Gegensatz zur Kostenträgerstückrechnung wird Ergebnis einer Periode ermittelt, deswegen auch die Bezeichnung Kostenträgerzeitrechnung
- Differenz zwischen Stückerlösen und Stückkosten ergibt (Stück-)Deckungsbeitrag
- Besondere Form der Kostenträgerzeitrechnung ist die kurzfristige Erfolgsrechnung (KER)
  - ➢ Ausgehend von der Finanzbuchhaltung unterjährige, meist monatliche Ergebnisrechnung

Ergebnisrechnung (2)

- Bei Unterschied zwischen produzierter und abgesetzter Menge

Kostenträgerzeitrechnung

Umsatzkostenverfahren

Erlöse
(abgesetzte Menge · Absatzpreis)
– **Umsatzkosten**
(abgesetzte Menge · Kosten)

Ergebnis

Gesamtkostenverfahren

Leistungen
(Erlös, Bestandsveränderungen, aktivierte Eigenleistungen)
– **Gesamtkosten**

Ergebnis

Ergebnisrechnung (3)

- Einstufige Deckungsbeitragsrechnung:
  Fixkosten werden en bloc verrechnet

- Mehrstufige Deckungsbeitragsrechnung:
  Aufgliederung des Fixkostenblocks nach Zurechenbarkeit
  - Gliederungskriterien
    Produktgruppen, Kostenstellen, Bereiche, Sparten usw.
  - Bezugsobjekte werden hierarchisch gegliedert
  - Zuordnung von Fixkosten erfolgt an der jeweils untersten Stelle, der sie überschneidungsfrei zugeordnet werden können
  - **Ergebnis:**
    Deckungsbeiträge unterschiedlicher Bezugsobjekte
    liefern Hinweise über die Vorteilhaftigkeit des jeweiligen Bezugsobjektes

Beispiel zur mehrstufigen Deckungsbeitragsrechnung

Nettoerlöse der einzelnen Produkte	
- variable Kosten der einzelnen Produkte	
Deckungsbeitrag I	
- Fixkosten der Produktarten	
Deckungsbeitrag II	
Zusammenfassung nach Produktgruppen	
- Fixkosten der Produktgruppen	
Deckungsbeitrag III	
Zusammenfassung nach Bereichen	
- Fixkosten der Bereiche	
Deckungsbeitrag IV	
Zusammenfassung über das gesamte Unternehmen	
- Fixkosten des Unternehmens	
Periodenerfolg	

Möglichkeiten der Erweiterung

- Gliederung der Fixkosten nach ihrer zeitlichen Abbaubarkeit
- Gliederung der Fixkosten nach ihrer Auszahlungswirksamkeit

Prozesskostenrechnung - Grundlagen

- **Prozesskostenrechnung**
  auch *Activity-based Costing* (*ABC*), *Activity-based Management*, *Transaction-based Costing*
  - **Elemente der Wertkettenanalyse**
    - Unterteilung in Aktivitäten (Prozesse) mit operativen und strategischen Kostentreibern (zB Komplexität, Variantenvielfalt)
    - Berücksichtigung von Verknüpfungen innerhalb der Wertkette: Hauptprozesse
  - **Indirekte Leistungsbereiche:** F&E, Konstruktion, Logistik, Planung, Steuerung, Fertigungsüberwachung, Qualitätssicherung, Instandhaltung, Verwaltung, Vertrieb, Service usw.

Grundgedanke: Gemeinkosten sind nicht immer unliebsame Nebenerscheinungen, sondern sie ermöglichen auch werterhöhende Aktivitäten

Prozesskostenrechnung
Vorgehen

Ermittlung Prozesse
Zuordnung Kosten

Ermittlung
Kostentreiber

Ermittlung
Prozesskostensätze

Zusammenfassung
zu
Hauptprozessen

Prozesskostenrechnung - Vorgehen: Prozesse und Kosten

- **Ermittlung der Prozesse**
  - Basis: gegebene Kostenstellen
  - Analyse auf dort ablaufende Prozesse

Prozesse

Repetitive Prozesse **schematisiert** z.B. Buchungen Auftragsbearbeitung	**Nicht repetitive Prozesse** **innovativ/dispositiv** z.B. Werbung, Führung Forschung

- **Zuordnung der Kosten auf die Prozesse**
  - **Direkte Ermittlung** durch analytische Kostenplanung sehr kostspielig
  - **Indirekte Ermittlung** durch andere Maßgrößen z.B. Schlüsselung nach Personenjahren, Personalkosten

Beispiel Zuordnung Kosten - Prozesse

- Kostenstelle Buchhaltung
  Prozesse: Kontierung, Verbuchung, Kontenabstimmung, Leitung der Abteilung
  Gesamtkosten: 360.000

- Verteilung nach Personenjahren

Prozess	Personenjahre	Kosten	Personalkosten	Kosten
Kontierung	3	135.000	135.000	162.000
Verbuchung	2	90.000	50.000	60.000
Abstimmung	2	90.000	55.000	66.000
Leitung	1	45.000	60.000	72.000
Gesamtkosten		360.000	300.000	360.000

Prozesskostenrechnung - Vorgehen: Ermittlung der Kostentreiber

Prozesse

Leistungsmengeninduziert (lmi)
Kosten abhängig von Leistungsvolumen
Suche eines Kostentreibers je Prozess

Leistungsmengenneutral (lmn)
Kosten unabhängig von Leistungsvolumen
Keine Kostentreiber

- **Kostentreiber i.d.R. mengenorientiert, selten wertorientiert**
  - Outputmenge untergeordnete Bedeutung
- **Kostentreiber von strategischer Bedeutung**
  - Produktkomplexität
    z.B. Wareneingang, Qualitätskontrolle, Lager ...
  - Produktvarianten
    GMK in verschiedensten Bereichen
    Prozesshierarchie: Kosten für Produktvariante

Prozesskostenrechnung - Vorgehen: Ermittlung der Prozesskostensätze

$$\text{Prozesskostensatz} = \frac{\text{Prozesskosten}}{\text{Prozessmenge}}$$

Prozesskosten mit oder ohne lmn-Prozesskosten

- Kostenstellenübergreifende Erfassung der lmn-Kosten in Sammelposition
- lmn-Kosten in Periodenrechnung vor Ergebnis Vollkosten: Prozentualer Zuschlag der lmn-Kosten auf Produktprozesskosten
- lmn-Kosten einer Kostenstelle auf deren lmi-Kosten zuschlagen Hypothese: lmn-Prozesse und Auftragsvolumen hängen zusammen Probleme, wenn lmn-Kosten bei einem Prozess überwiegen, z.B. F&E

Prozesskosten enthalten i.d.R. Fixkosten Prozesskostensatz abhängig von Prozessmenge

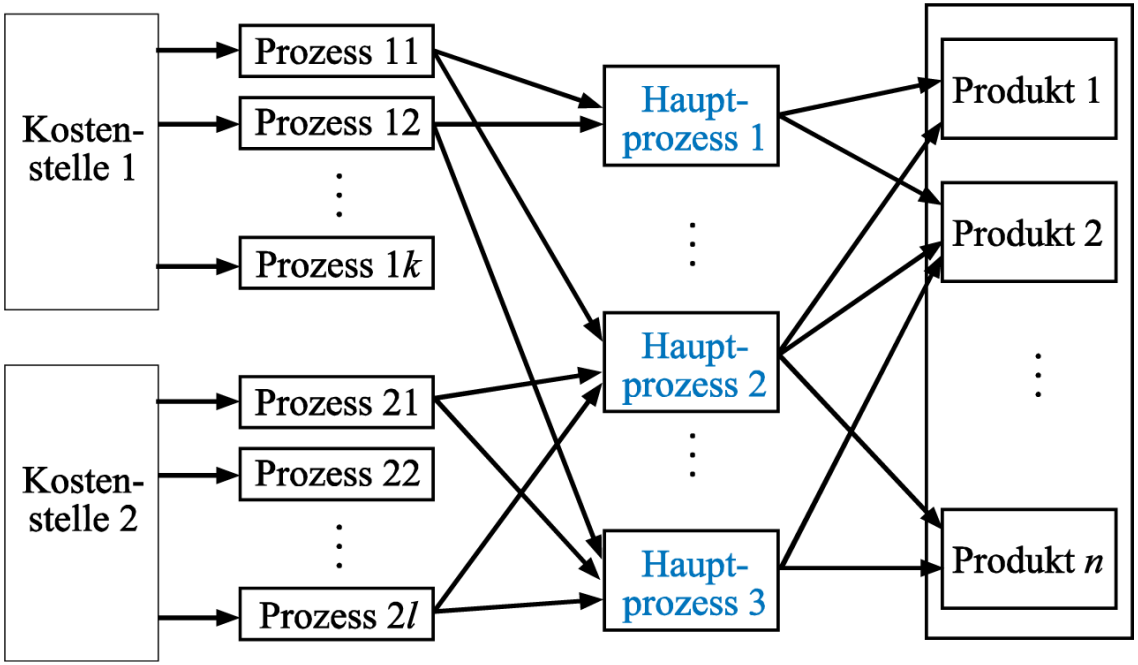
- Ist/Normalbeschäftigung: nicht sinnvoll für strategische Entscheidungen
- Engpassplanung: Orientierung an Prozess mit geringster Kapazität
- Kapazitätsplanung: Orientierung an maximaler Beschäftigung des Prozesses: strategisch sinnvoll

Beispiel: Ermittlung Prozesskostensätze

Prozess	Kosten	Kosten nach Umlage der lmn-Kosten	Prozess-menge	lmi-Prozess-kostensatz	Gesamtproz.-kostensatz
Kontierung	162.000	202.500	900.000	0,180	0,225
Verbuchung	60.000	75.000	1.200.000	0,050	0,063
Abstimmung	66.000	82.500	132.000	0,500	0,625
Leitung	72.000	-	-	-	-
Gesamtkosten	360.000	360.000			

Prozesskostenrechnung - Vorgehen: Bildung von Hauptprozessen

- **Hauptprozess**: kostenstellenübergreifender Prozess
  - Zusammenfassung der Prozesse mit demselben Kostentreiber
  - Zusammenfassung von Prozessen mit festem Verhältnis der Kostentreiber
  - Bildung von etwa 7 bis 10 Hauptprozessen
  - größere Übersichtlichkeit des Betriebsgeschehens
  - Informationsreduktion



Beispiel: Zusammenfassung zu Hauptprozessen

Fortsetzung Beispiel

Kostentreiber: Anzahl der Bestellungen = Anzahl der Lieferungen

20% der Lieferungen werden stichprobenartig auf Qualität geprüft

Kostenstelle	Kostentreiber	Prozesskostensatz
Einkauf	Anzahl der Bestellungen	3,520
Warenannahme	Anzahl der Stichproben	5,700
Lager	Anzahl der Lieferungen	4,200

Kostensatz des Hauptprozesses Beschaffung

$3{,}52 + 5{,}7 \cdot 0{,}2 + 4{,}2 = 8{,}86$

Prozesskosten versus Zuschlagskalkulation (1)

Allokationseffekt - Beispiel

- Produktion gleich vieler Gold- und Silberreifen
- Lagerkosten und Kosten logistischer Transaktionen außer Zinskosten gleich hoch
- Materialkosten Goldreifen: 100
- Materialkosten Silberreifen: 10
- Zuschlagssatz: 20%
- Hälfte der Gemeinkosten wertunabhängig

	Goldreifen	Silberreifen
<u>Zuschlagskalkulation</u>		
Materialkosten	100	10
Material-GMK (20%)	20	2
<u>Prozesskostenrechnung</u>		
Materialkosten	100	10
Material-GMK	10+11/2=15,5	1+11/2=6,5

Prozesskosten versus Zuschlagskalkulation (2)

Degressionseffekt

- Kosten einer Produkteinheit vor Auftragskosten: 36
- Prozesskosten für Auftrag: 200
- durchschnittliche Auftragsgröße: 100

Durchschnittliche Stückkosten $= 36 + 200/100 = 38$
Annahme: Marktpreis erlaubt Kosten von 40
Mindestauftragsgröße $= 200/(40 - 36) = 50$

Komplexitätseffekt

	Drucker A	Drucker B
Stunden	3	4
GMK Komplexität: 1.400		
verrechnet nach Stunden:	**600**	**800**
Kostentreiber: Anzahl Teile, Prozesskostensatz = 70		
Teile	5	15
verrechnet nach Teilen	**350**	**1050**

Prozesskostenrechnung und GPKR

- Große Ähnlichkeit zwischen Bezugsgrößen nicht fertigungsnaher Stellen und Kostentreibern der Prozesskostenrechnung

- Unterschied bei Bezugsgrößen mit einfacher Funktion:
  - Prozesskostenrechnung
    mengenmäßige Kalkulationsschlüssel
  - GPKR
    indirekte Bezugsgrößen mit oft wertmäßigen Zuschlagsverfahren
  - „Deckungsbezugsgrößen“ führen letztlich auch zu Mengenschlüssel

- Mischsystem: *Resource Consumption Accounting* (RCA)

Prozesskostenrechnung - Beurteilung

- Vollkostenrechnung
  - Hohe Akzeptanz in der Praxis
  - Kritik seitens der Theorie an der Schlüsselung der Gemeinkosten
    - Personalkosten auf Teilprozesse in der Kostenstelle
    - sonstige Stellengemeinkosten auf Teilprozesse
    - lmn-Kosten auf Teilprozesse
    - Prozesskosten auf Prozessmengen
    - Prozesskosten auf Produkte
  - Langfristige Kosten als Basis langfristiger Entscheidungen
  - Prozesskosten approximieren die durch strategische Entscheidungen beeinflussbaren Kosten

Prozesskostenrechnung und Kostenmanagement

- Prozesskostenrechnung
  (Activity-based Costing (ABC), Activity-based Management, Transaction-based Costing)
  - **Elemente der Wertkettenanalyse**
    - Unterteilung in Aktivitäten (Prozesse) mit operativen und strategischen Kostentreibern (zB Komplexität, Variantenvielfalt)
    - Berücksichtigung von Verknüpfungen innerhalb der Wertkette: Hauptprozesse
  - **Indirekte Leistungsbereiche**: F&E, Konstruktion, Logistik, Planung, Steuerung, Fertigungsüberwachung, Qualitätssicherung, Instandhaltung, Verwaltung, Vertrieb, Service...

Prozesskostenrechnung
Einsatzmöglichkeiten

- Eignung problematisch für
  - kurzfristige Entscheidungen
    (aber: Einbeziehung von Leerkosten denkbar)
  - Abweichungsanalyse

- Wesentlichste Anwendungsmöglichkeiten
  - Gemeinkostenmanagement
  - Strategische Kalkulation
  - Kundenprofitabilitätsanalyse
  - Unterstützung des Produktdesigns (→ Target Costing)

- Gemeinkostenmanagement
  - Prozesskosten als Ausgangspunkt für Rationalisierungsmaßnahmen
  - Einschränkung nicht werterhöhender Prozesse setzt typischerweise an Kostentreibern an
  - Fremdbezug von Prozessen

Prozesskosten - Einsatz im Gemeinkostenmanagement

- Kostenbestimmungsfaktoren nicht werterhöhender Gemeinkosten
  - Anzahl Teilenummern/Planänderungen
  - Betriebsstruktur/Beförderungsmittel für logistische Transaktionen
  - Lieferantenqualität, Qualifikation Personal

- Verringerung der Prozessmengen
  - Optimierung Prozessstruktur
  - Total Quality Management
  - Just in Time
  - Einführung minimaler Bestellmengen

Beispiel Siemens Gerätewerk Amberg

Von 1960 bis 1990 stieg der Anteil der Gemeinkosten an den Produktkosten von 34 auf 70 % und sank der Anteil der Fertigungslöhne an den Produktkosten von 28 auf 6 %

Beispiel: Einsatz im Gemeinkostenmanagement

Gebäude mit 1.000 m^2 Fläche

Gebäudekosten: 30.000

Produkt 1: 200 m^2

Produkt 2: 300 m^2

Produkt 3: 500 m^2

Fremdbezug Produkt 1: Gebäudekosten mindern sich *nicht* anteilig

Kostensatz für genutzte Quadratmeter ändert sich

vorher: $30.000/1.000 = 30/m^2$

nachher: $30.000/800 = 37{,}5/m^2$

Anderweitige Nutzung: Ersatzteillager aus angemietetem Raum

Annahme: 200 m^2, Kosten = 6.000

Prozesskostensatz $= 36.000/1.200 = 30/m^2$

bleibt bei Übersiedlung gleich

Prozesskosten - Einsatz in der strategischen Kalkulation

- **Bedeutung langfristiger Produktkosten**
  - Langfristiges Produktionsprogramm
  - Preisfestlegung, Aufnahme eines neuen Produktes

- **Unterschiede Prozesskostenrechnung zu Zuschlagkalkulation**
  - Prozesskostenrechnung muss Prozessmengen je Produkteinheit ermitteln - langfristiger Ressourcenverzehr wird approximiert
  - Detailliertere Kostenzurechnung - insbesondere bei Diversifikationsstrategie für Preisgestaltung nutzbar
  - Keine Quersubventionierung wie bei Zuschlagskalkulation - aber Verbundeffekte uU vernachlässigt

- **Besonderer Kostentreiber**: Anzahl der Produktvarianten

Beispiel: Kosten der Variantenvielfalt

- Unternehmen 1: Produktion 1 Mio blaue Kugelschreiber

- **Unternehmen 2:**
  Produktion von 1 Mio Kugelschreiber in 1.000 Varianten **zu 500 – 100.000 Stück (davon 100.000 blaue)**

  Folgen:

  viel mehr Mitarbeiter (Arbeitsvorbereitung, Umrüsten ...)

  größere Stillstandzeiten

  höhere Lagerbestände

  Daher: blaue Kugelschreiber in Unternehmen 2 relativ teurer

Umgekehrtes Erfahrungskurvengesetz:

Mit Verdoppelung der Varianten steigen Stückkosten um 20 – 30%

Strategische Entscheidungen mit der Prozesskostenrechnung (1)

Einführung eines neuen Produkts und Aufbau von Produktionskapazität
→ Investitionsproblem

- Investitionszahlungen in $t = 0$ $\quad I = c \cdot \bar{V}$
- Beschränkung der Mengeneinheiten $\quad x_t \leq \bar{V} \quad \forall t \geq 1$
- Erlösfunktion $\quad E_t = E_t(x_t) = p_t(x_t) \cdot x_t \quad$ mit $E_t''(x_t) < 0$
- Kosten $\quad K_t^V = x_t \cdot k^V$

  $$K_t^F = Ab_t + i \cdot KB_{t-1}$$
- Kapitalbindung $\quad KB_{t-1} = I - \sum_{\tau=1}^{t-1} Ab_\tau$
- Periodenspezifische Fixkosten/Stück $\quad k_t^F = \frac{K_t^F}{\bar{V}} = \frac{Ab_t + i \cdot KB_{t-1}}{\bar{V}}$
- Periodenspezifische Stückkosten $\quad k_t = k^V + k_t^F$

Strategische Entscheidungen mit der Prozesskostenrechnung (2)

- Optimale Entscheidung: Maximierung des Kapitalwerts

$$KW = \sum_{t=1}^{T}\left(E_t - K_t^v\right)\cdot \rho^{-t} - I = \sum_{t=1}^{T}\left(E_t\left(x_t\right) - k^v \cdot x_t\right)\cdot \rho^{-t} - c\cdot \bar{V}$$

- Lagrange-Funktion

$$LG_t = E_t\left(x_t\right) - k^v \cdot x_t - \lambda_t \cdot \left(x_t - \bar{V}\right)$$

$$\frac{\partial LG_t^*}{\partial x_t} = E_t'\left(x_t^*\right) - k^v - \lambda_t^* = 0$$

- Kuhn/Tucker-Bedingungen

$$\lambda_t^* \begin{cases} > 0 \text{ und } x_t^* = \bar{V} \\ = 0 \text{ und } x_t^* \leq \bar{V} \end{cases}$$

- Marginale Veränderung der Zielfunktion

$$\frac{dLG_t^*}{d\bar{V}} = \underbrace{\frac{\partial LG_t^*}{\partial x_t}}_{=0} \cdot \frac{dx_t^*}{d\bar{V}} + \underbrace{\frac{\partial LG_t^*}{\partial \lambda_t} \cdot \frac{d\lambda_t^*}{d\bar{V}}}_{=0} + \frac{\partial LG_t^*}{\partial \bar{V}} = \lambda_t^*$$

Strategische Entscheidungen mit der Prozesskostenrechnung (3)

- Bestimmung der optimalen Kapazität

$$KW\left(\bar{V}\right) = \sum_{t=1}^{T} LG_t^* \cdot \rho^{-t} - c \cdot \bar{V}$$

$$\frac{dKW^*}{d\bar{V}} = \sum_{t=1}^{T} \lambda_t^* \cdot \rho^{-t} - c = 0$$

- Lösung mit der Prozesskostenrechnung – Maximierung des Gewinns

$$G_t = E_t\left(x_t\right) - k_t \cdot x_t = E_t\left(x_t\right) - \left(k^V + k_t^F\right) \cdot x_t$$

$$\frac{\partial G_t^p}{\partial x_t} = E_t'\left(x_t^p\right) - k^V - k_t^F = 0$$

Variante 1:
eine repräsentative Periode

$$\bar{V}^p = x_t^p$$

Variante 2:
Maximum der Periodenkapazitätsbedarfe

$$\bar{V}^p = \max_t \left\{ x_t^p \right\}$$

Einsatzbedingungen für die Prozesskostenrechnung

- Absatzverhältnisse für jede Periode gleich

$$E_t(x_t) = E(x_t) \qquad \forall t \geq 1$$

- Optimale Menge

$$\frac{\partial LG_t^*}{\partial x_t} = E'\left(x_t^*\right) - k^v - \lambda_t^* = 0$$

$$\lambda_t^* = \lambda^*$$

- Kapazitätswahl

$$\lambda^* \cdot \sum_{t=1}^{T} \rho^{-t} - c = 0 \quad \Rightarrow \quad \lambda^* = c \cdot WGF\left(\rho, T\right)$$

- Beide Lösungen stimmen überein, wenn gilt

$$k_t^F = \lambda^* = c \cdot WGF\left(\rho, T\right) = \frac{I \cdot WGF\left(\rho, T\right)}{\bar{V}}$$

Beispiel

Stückauszahlungen je Kapazitätseinheit $c = 5$

Kapazität $\bar{V} = 2.000$

Investitionsauszahlungen $I = 10.000$

$i = 0{,}1 \qquad T = 4$

Wiedergewinnungsfaktor $$WGF\left(\rho = 1{,}1; T = 4\right) = \frac{i \cdot \left(1+i\right)^4}{\left(1+i\right)^4 - 1} = 0{,}315471$$

Gesamtannuität

$$I \cdot WGF\left(\rho = 1{,}1; T = 4\right) = 10.000 \cdot 0{,}315471 = 3.154{,}71$$

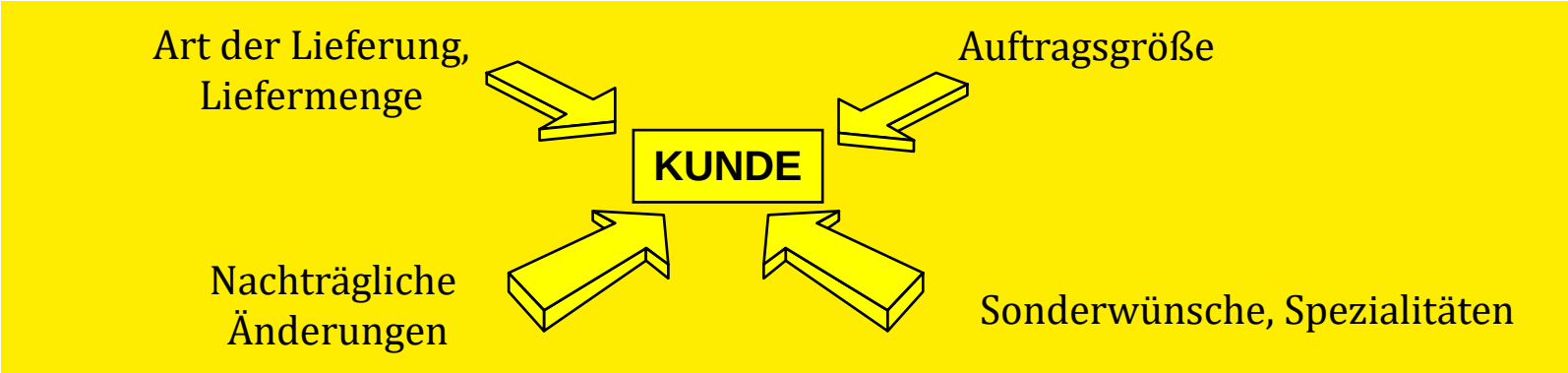
Abschreibungen und Kapitalkosten

	Kapitalkosten	Abschreibungen	Restbuchwert
t=1	1.000,00	2.154,71	7.845,29
t=2	784,53	2.370,18	5.475,11
t=3	547,51	2.607,20	2.867,92
t=4	286,79	2.867,92	0,00

Stückkostensatz für Fixkosten $$k_t^F = \frac{I \cdot WGF}{\bar{V}} = \frac{3.154{,}71}{2.000} = 1{,}577355$$

Prozesskosten - Einsatz in der Kundenprofitabilitätsanalyse

Kostentreiberbezogene Zurechnung von Vertriebsgemeinkosten

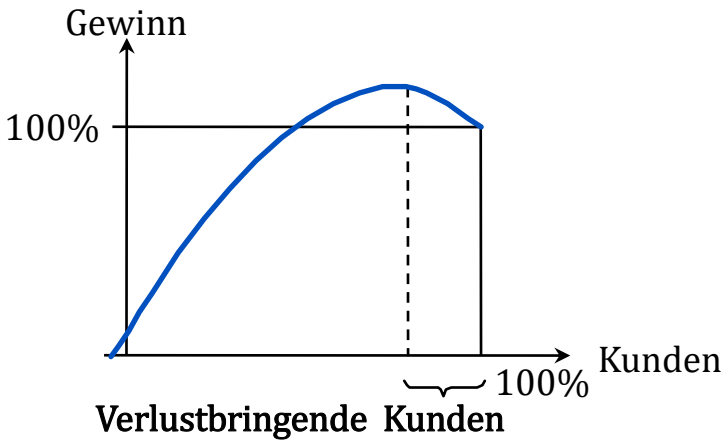


80 % der Erlöse durch 20 % der Kunden

Oft aber auch Großkunden als Verlustbringer

Möglichkeiten

- Gesonderte Verrechnung von Kosten für Zusatzdienste
- Verzicht auf Zusatzleistungen
- Anreize für Kauf von Produkten auf Lager
- Anreize zur Erhöhung der Auftragsgröße



Was bringt die Prozesskostenrechnung?

- Bessere ökonomische Zielerreichung empirisch nicht nachgewiesen
- In einer amerikanischen Studie (*Gordon/Silvester* 1999) konnten keine Kursreaktionen auf die Verwendung der Prozesskostenrechnung festgestellt werden
- In einer britischen Studie (*Kennedy/Affleck-Graves* 2001) wurde eine signifikant günstigere Kursentwicklung bei Anwendern der Prozesskostenrechnung gefunden.

„*This is the essence of the ABC paradox:*
if ABC has demonstrated benefits,
why are more firms not actually employing it?“

(*Gosselin*)

Digitalisierung

- **Unternehmensrechnung**
  - Gewinnung, Auswertung und Verwendung von Informationen für unternehmerische Entscheidungen
  - Digitale Transformation eröffnet neue Möglichkeiten und größere Datenmengen
  - Umfeld wird dadurch volatiler → raschere Entscheidungen notwendig

- **Themen**
  - Big Data
  - Machine Learning
  - Datenanalysen: Korrelation und Kausalität

Big Data (1)

- Menge erzeugter und systematisch erfasster Daten steigt stark
  → Erhöhung der Speicherkapazitäten und Datenverarbeitungskapazitäten (ERP-Systeme)

- **Eigenschaften (Vier V's) von Big Data**
  - ***Volume:*** Große und stark wachsende Datenmenge
  - ***Velocity:*** Datenströme mit hoher Geschwindigkeit
  - ***Variety:*** Verschiedenartigkeit von Daten
  - ***Veracity:*** Unterschiedliche Datenqualität

- **Auswirkungen auf das wirtschaftliche Umfeld (VUCA)**
  - ***Volatile:*** Steigende Volatilität
  - ***Uncertain:*** Höherer Unsicherheit
  - ***Complex:*** Größere Komplexität
  - ***Ambiguous:*** Steigende Uneindeutigkeit

Big Data (2)

Durch Big Data beeinflusste Controllingaufgaben

- **Planung und Budgetierung**: bessere Prognosen und Analysen
- **Bewertung:** Prognose künftiger Wertentwicklungen in vielen Bereichen
- **Kennzahlenauswahl:** Beurteilung geeigneter Indikatoren und Zusammenhänge
- **Zielvorgaben:** Ermittlung von Benchmarks und Markteinschätzungen
- **Aggregation:** Konstruktion neuer Variablen
- **Berichtswesen:** flexiblere, interaktive und personalisierte Berichte
- **Automatisch Analysen und Entscheidungsgrundlagen**

Predictive Analytics (1)

Predictive Analytics als Teilbereich von Business Analytics

- Prognosen basierend auf KI-Methoden

- **Machine Learning**
  - Ausgangsbasis: t vorliegende Datentupel $\{X, y\}_t$
  - Bestehen aus n erklärenden Variablen $X = (x_1, \dots, x_n)$
  - und aus zu prognostizierendem Wert y
  - Algorithmus schätzt Funktion $f(\mathrm{X})$ zur Prognose von y

$$\hat{y} = f(X)$$

  - Einsatz verschiedener Verfahren

Predictive Analytics (2)

Güte der Schätzfunktion

- Basis sind Abweichungen von y und $\hat{y}$
- Minimierung einer Verlustfunktion

$$\min \sum_{t=1}^{T} L(f(X_t), y_t)$$

unter den Nebenbedingung

- $f(X)$ stammt aus vorgegebener Klasse an Funktionen
- Komplexität überschreitet keine Vorgabe (regularization)

Predictive Analytics (3)
Typische Algorithmen

- **Unüberwachtes Lernen**
  - Algorithmus versucht Muster und Assoziationen zu erkennen
- **Überwachtes Lernen**
  - Bestimmter Output, welcher aus den Daten erlernt wird, auf Basis vorgegebener Inputdaten
- **Bestärkendes Lernen (Reinforced Learning)**
  - Vorgabe eines abstrakten Ziels, aber nicht wie dieses zu erreichen ist
- **Deep Learning**
  - Schätzfunktion hat mehrere hintereinanderliegende Schichten, wobei die Gewichtungen auf jeder Stufe angepasst werden

Predictive Analytics (4)

- **Stellgrößen bei Machine Learning**
  - **Datenquellen**
    - Qualität
    - Behandlung bzw. Umgang mit Ausreißern
    - Transformation
  - **Datenauswahl**
    - Training-Sample → große Datenmengen verbessern statistische Resultate, verringern jedoch deren Aussagekraft bei Situationsveränderungen über die Zeit
    - **„Overfitting“** als Problem → Validierung durch *Holdout-Sample*
  - **ML-Algorithmus**
    - Unterscheidung je nach gewünschtem Ergebnis
    - Kombination aus Algorithmen liefert meist bessere Ergebnisse
  - **Modellauswahl**
  - **Validierung**

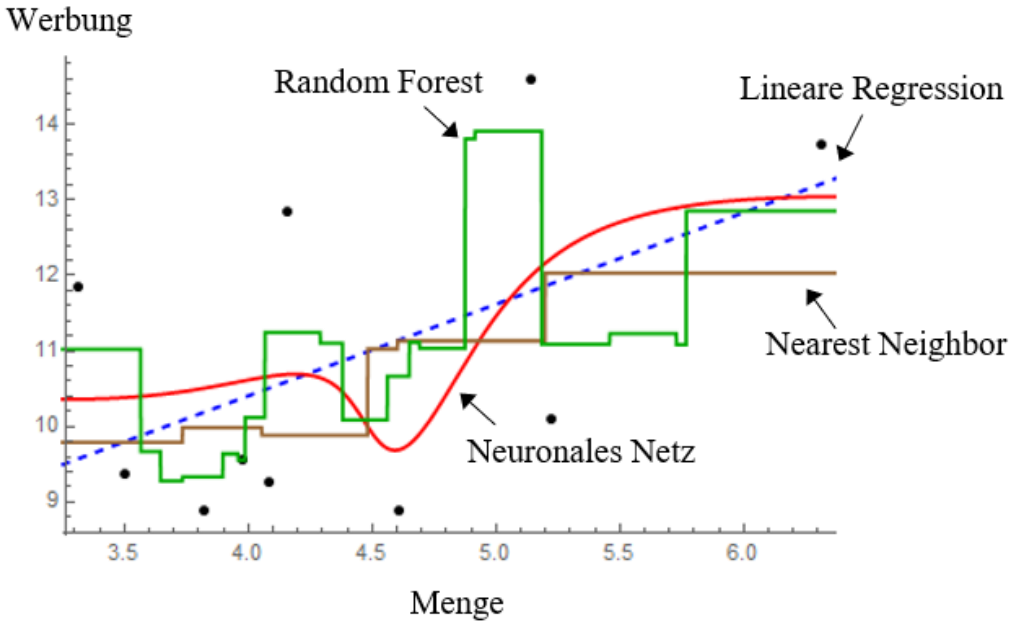
Beispiel (1)

Beispiel: Der ML-Algorithmus *Random Forest* liefert einen Klassifikationsbaum, in dem die Prognose von einer Reihe von Variablen abhängt, die der Wichtigkeit nach geordnet sind und einen Grenzwert für z. B. Variable $\bar{x}_1$ ermitteln, bei dem Daten mit $x_1 \leq \bar{x}_1$ und mit $x_1 > \bar{x}_1$ nach unterschiedlichen weiteren Variablen differenziert werden und so eine Zuordnung stattfindet. Dies kann etwa für die Differenzierung nach bestimmten Kunden- oder Transaktionskategorien herangezogen werden. Man kann nun verschiedene solcher Klassifikationsbäume erzeugen, wodurch ein „Wald“ entsteht, der bessere Ergebnisse liefert, aber intuitiv weniger erklärbar wird.

Prognosewerte für Planungsrechnungen werden häufig mit **linearen Regressionen** ermittelt. Durch Variablentransformation (z. B. Logarithmierung) und Interaktionsterme (z. B. kann neben x_1 und x_2 auch eine Variable $x_1 x_2$ eingeführt werden) können dabei auch nichtlineare Zusammenhänge modelliert werden. Logistische Regressionen schätzen die Wahrscheinlichkeit, dass die prognostizierte Größe $y = 0$ oder 1 ist.

Beispiel (2)

Künstliche neuronale Netze eignen sich ebenfalls für Klassifikationen und Mustererkennung. Frühe Beispiele sind Insolvenzprognosemodelle, die anhand von Jahresabschlussdaten und ggf. weiterer Variablen eine Insolvenzwahrscheinlichkeit schätzen. Diese Modelle verwenden eine oder mehrere Schichten an Knoten zwischen den Variablen und der zu prognostizierenden Größe. Sie sind daher in der Lage, nichtlineare Zusammenhänge zu erfassen, neigen jedoch zum *Overfitting*, also gewissermaßen einem Auswendiglernen der Trainingsdaten.



Genauigkeit der Ergebnisse

- **Genauigkeit der Klassifikationen**
  - Rate der richtig klassifizierten Fälle

$$\text{Genauigkeit} = \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP}$$

TP	*True Positive*, $y = 1$ und $\hat{y} = 1$
TN	*True Negative*, $y = 0$ und $\hat{y} = 0$
FP	*False Positive*, $y = 0$ und $\hat{y} = 1$
FN	*False Negative*, $y = 1$ und $\hat{y} = 0$

  - **Sensitivität** $\dfrac{TP}{TP + FN} = 1 - \beta$
  - **Spezifität** $\dfrac{TN}{TN + FP} = 1 - \alpha$

Biases bei Machine Learning

- **Historischer Bias**: Daten beziehen sich nicht auf aktuelle Situation
- **Bias aufgrund verfügbarer Informationen**: exogene Ereignisse haben Daten verändert
- **Repräsentationsbias**: Daten entsprechen nicht der Population, auf die das Modell angewendet werden soll
- **Aggregationsbias**: Schätzung auf Basis aggregierter Daten, jedoch Anwendung auf Teilpopulationen
- **Messungsbias**: Eigenschaften der Daten entsprechen nicht den tatsächlich gewünschten Informationen
- **Evaluationsbias**: Modell wird nicht mit geeigneten Maßgrößen oder Benchmarks beurteilt
- **Verwendungsbias**: Modell wird in ungeeigneter Weise verwendet

Kausale Analysen (1)

- Prognosen basieren auf Korrelation
- Statistische Zusammenhänge von verschiedenen Daten
  - Können zur Vorhersage über das Verhalten einer Variable dienen
  - Durch die Ausprägung oder Veränderung einer anderen
  - Annahme: **erklärende Variablen = unabhängige Größen**

  Jedoch: **Korrelation ≠ Kausalität**

- **Kausale Analyse**
  - Voraussetzung ist **Theorie**, welche den kausalen Zusammenhang zwischen unabhängigen, exogenen Variablen und den davon abhängigen Variablen erklärt und vorhersagt
  - **Vorliegen beobachtbarer Variablen und Konstrukte**, welche die relevanten Größen gut erfassen
  - Geeignete **Auswertungsmethode**

Arten kausaler Zusammenhänge (1)

- **Kausale Diagramme (1)**
  - Zusammenhang von Variable X auf Variable Y $\quad \boldsymbol{X \rightarrow Y}$
  - Zusammenhang indirekt über dritte Variable Z $\quad \boldsymbol{X \rightarrow Z \rightarrow Y}$
  - Kombination der beiden Fälle

    $$\begin{array}{ccc} \boldsymbol{X} & \rightarrow & \boldsymbol{Y} \\ & \searrow \boldsymbol{Z} \nearrow & \end{array}$$
  - Dritte Variable Z hat Auswirkung auf den direkten Zusammenhang von X auf Y

    $$\begin{array}{ccc} \boldsymbol{X} & \rightarrow & \boldsymbol{Y} \\ & \nwarrow \boldsymbol{Z} \nearrow & \end{array}$$
    - Variable Z als konfundierender Faktor
    - Scheinkorrelation von X auf Y

Arten kausaler Zusammenhänge (2)

- **Kausale Diagramme (2)**
  - Variable Z unbeobachtbar
    Konfundierender Faktor muss aus der Schätzung eliminiert werden

$$\begin{tikzcd} X \arrow[r] & Y \\ & Z \arrow[ul, dashed] \arrow[ur, dashed] \end{tikzcd}$$

  - Weiterer Zusammenhang:
    X und Y haben kausalen Effekt auf Z (*collider*)
    keine Wechselwirkung mit Zusammenhang X und Y

$$\begin{tikzcd} X \arrow[r] \arrow[dr] & Y \arrow[dl] \\ & Z \end{tikzcd}$$

- **Konsequenzen für Machine Learning**
  - Unbeaufsichtigtes Lernen berücksichtigt solche Zusammenhänge in Daten nicht
  - Erfordert Vorgabe eines theoretischen Modells

Testdesigns für kausale Zusammenhänge (1)

Verfahren zur empirischen Schätzung kausaler Zusammenhänge

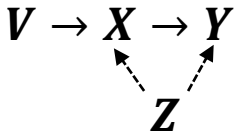
- **Randomisiertes Experiment**
  - Zufällige Teilung der Unternehmen in zwei Gruppen
  - Treatment-Gruppe führt Maßnahmen durch
  - Kontrollgruppe führt Maßnahmen *nicht* durch
  - Oder Matching-Verfahren → Auswahl der Gruppenaufteilung anhand von Ähnlichkeitskriterien

- **Regressions-Diskontinuität**
  - Maßnahme wird gesetzt, wenn eine kontinuierliche Variable einen bestimmten exogen bestimmten Grenzwert überschreitet
  - Auswirkungen der Maßnahme durch Vergleich von Unternehmen knapp unter mit denen knapp über dem Grenzwert ermittelbar

Testdesigns für kausale Zusammenhänge (2)

Verfahren zur empirischen Schätzung kausaler Zusammenhänge

- **Instrumentvariablen**
  - Anwendungsfall bei unbeobachtbarer Variable Z
  - Instrumentvariable V soll möglichst hoch mit X korrelieren, aber unabhängig von Z sein
  - Durch Veränderung von V und der Auswirkung auf X lässt sich der kausale Zusammenhang von X auf Y schätzen



- **Differenz-in-Differenz**
  - Frage: Was wäre passiert, hätte das Unternehmen die Maßnahme nicht gesetzt? Antwort auf Basis von Differenzen zwischen beobachtbaren Größen
  - Beispiel

	Vor	Nach	Differenz
Treatment (T)	$y_t^{T,0}$	$y_{t+1}^{T,1}$	$\Delta^T = y_{t+1}^{T,1} - y_t^{T,0}$
Control (C)	$y_t^{C,0}$	$y_{t+1}^{C,0}$	$\Delta^C = y_{t+1}^{C,0} - y_t^{C,0}$
Diff-in-Diff			$\Delta^T - \Delta^C$

Beispiel
Preisentscheidung (1)

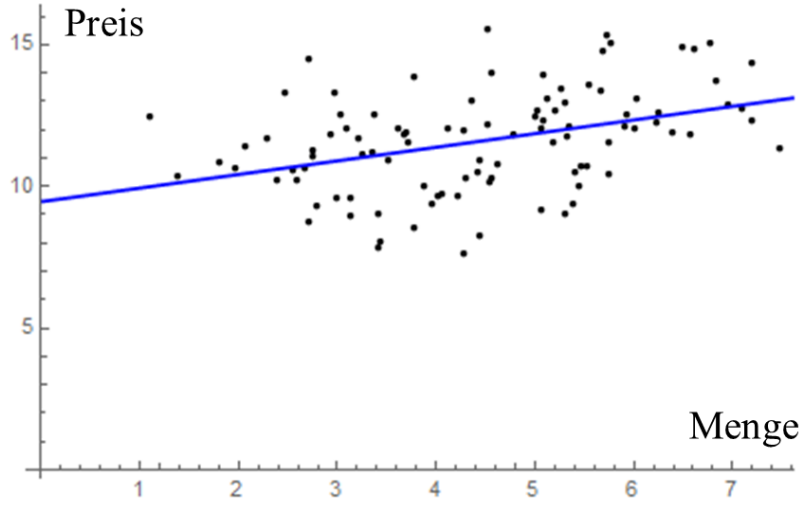
Analyse von Mengen und Preisen

- Daten mit Preisen und Absatzmengen $\{p_t^*, x_t\}$ über längeren Zeitraum 1, …, T
- Lineare Regression liefert inverse **Preis-Absatz-Funktion**

$$p_t = \underset{(17{,}607)}{9{,}464^{***}} + \underset{(4{,}192)}{0{,}481^{***}} \cdot x_t$$

bzw. $$x_t = -19{,}676 + 2{,}079 \cdot p_t$$

Zahlen in Klammer sind t-Statistiken, *** ist Signifikanzniveau kleiner 1%



Beispiel
Preisentscheidung (2)

- **Überraschendes Ergebnis:**
  Inverse Funktion → Preis steigt mit Absatzmenge
  - Theorie: lineare Preis-Absatz-Funktion in monopolistischem Produktmarkt sollte lauten

$$x(p) = \alpha - \beta \cdot p + \varepsilon_x$$

x	Absatzmenge (= Produktionsmenge)
ε_x	normalverteilte Zufallsvariable mit $\mathrm{N}(0, \sigma_x^2)$
p	Absatzpreis
α	Absatzobergrenze, wobei $\alpha = \alpha_0 + \varepsilon_\alpha$ mit Erwartungswert $\alpha_0 > 0$ und ε_α normalverteilt mit $N(0, \sigma_\alpha^2)$
β	Steigung der Preis-Absatz-Funktion, wobei $\beta = \beta_0 + \varepsilon_\beta$ mit Erwartungswert $\beta_0 > 0$ und ε_β normalverteilt mit $N(0, \sigma_\beta^2)$

Beispiel
Preisentscheidung (3)

- Auswertung gibt Handlungsempfehlung, Preise höher (!) anzusetzen
- Aber: Analyse berücksichtigt nicht endogene optimale Preis*entscheidung*
  - Annahme einer linearen Kostenfunktion: $K = K^F + k \cdot x$
  - Preis-Absatz-Funktion ergibt zu maximierende Gewinnfunktion
    $$\max_p G(p) = p \cdot x - K^F - k \cdot x$$
  - Optimaler Preis $p^* = \frac{1}{2} \cdot (\frac{\alpha}{\beta} + k)$
  - α, β und k sind stochastische Größen
  - Abhängig vom **Informationsstand** zum Zeitpunkt der Entscheidung

- **Fall 1: Annahme:** Unternehmen kennt Erwartungswert der Faktoren
  $$p^* = \frac{1}{2} \cdot (\frac{\alpha_0}{\beta_0} + k_0)$$
  Regression von $\{p_t^*, x_t\}$, wobei $x_t = \alpha - \beta \cdot p_t^* + \varepsilon_x$ ergibt Korrelation von exakt 0, da p_t^* konstant und x_t normalverteilte Größe ist

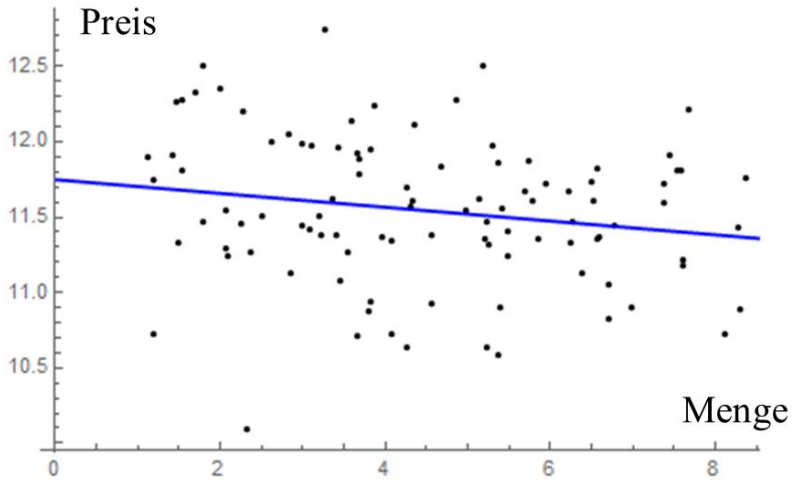
Beispiel
Preisentscheidung (4)

- **Fall 2: Annahme:** Unternehmen kennt die k_t, bevor es den Preis setzt, dann variieren Preis $p(k_t)$ und Absatzmenge
  - **Lineare Regression**

    $$p_t = 11{,}749^{***} - 0{,}046^{***} \cdot x_t$$
    $$(97{,}542) \quad (-1{,}870)$$

    $R^2 = 0{,}034$

    → schwacher Zusammenhang



  - **Multiple Regression** in x_t und p_t, wenn k_t auch verfügbar

    $$p_t = 10^{***} + 0{,}000 \cdot x_t + 0{,}5^{***} \cdot k_t$$
    $$(> 100) \quad (0{,}000) \quad (> 100)$$

    $R^2 = 1 \rightarrow$ Ergebnis entspricht genau der Preisbildung (variiert mit $k_t/2$)

    x_t hat keine Erklärungskraft für den Preis mehr → theoretisch korrekt

Beispiel
Preisentscheidung (5)

- **Fall 3: Annahme:** Unternehmen kennt **Prohibitivpreis** $\alpha_t = \alpha_0 + \varepsilon_{\alpha,t}$ bei seiner Preisentscheidung
  - Direkter Einfluss auf Preis und Menge → α ist konfundierender Faktor
  - **Multiple Regression**

$$p_t = \underset{(>100)}{1{,}5^{***}} + \underset{(0{,}000)}{0{,}000} \cdot x_t + \underset{(>100)}{1^{***}} \cdot \alpha_t$$

$R^2 = 1$

x_t hat keine Erklärungskraft mehr für Zusammenhang mit dem Preis (folgt aus den Modellannahmen)

Beispiel
Preisentscheidung (6)

- **Schätzung der Preis-Absatz-Funktion**
  - Information über Verlauf der Preis-Absatz-Funktion
    → Preise variieren exogen
  - Preisbestimmung auf Basis der Erwartungswerte der exogenen Faktoren

$$p_0^* = \frac{1}{2}\left(\frac{\alpha_0}{\beta_0} + k_0\right)$$

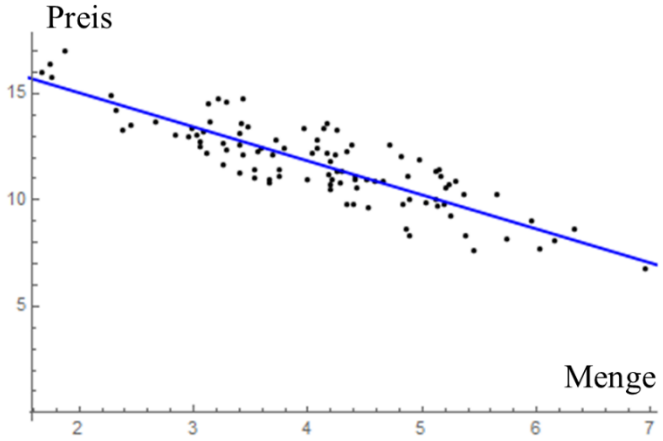
  - Basispreis ist stochastisch

$$p_t = \underset{(44{,}886)}{18{,}242^{***}} - \underset{(-16{,}611)}{1{,}600^{**}} \cdot x_t$$

$$R^2 = 0{,}738$$

Geschätzte Preis-Absatz-Funktion

$$x_t = 11{,}401 - 0{,}625 \cdot p_t$$



→ Ergebnis nahe an tatsächlichen Koeffizienten

Beispiel
Leistungsindikatoren (1)

Auswahl von Leistungsindikatoren in Balanced Scorecard

- Sollen Informationen über spätere Ergebnisgrößen liefern
- Messung des Informationsgehalts über die Korrelation zwischen Indikator und Ergebnisgröße

- Variable Kosten $k_t = k_0 + y_1 + y_2 + \varepsilon_t$

ε_t	Zufallsvariable mit Erwartungswert 0
k_0	Basiswert der Kosten
y_1, y_2	Kostenbestandteile durch Leistungsindikatoren

Annahme: Kostenmanagement verwendet aktuell Kennzahl y_1

- Frage: Soll y_1 durch y_2 ersetzt werden?
- Grundlage: Erfassung der Daten $\{k_t, y_{1,t}, y_{2,t}\}$

Beispiel
Leistungsindikatoren (2)

- Ergebnis der Analyse
  - Korrelationen $r_{k,y_1} = 0{,}171$ und $r_{k,y_2} = 0{,}455$
  - Leistungsindikator y_2 weist höherer Korrelation mit Kosten auf
  - Lineare Regression mit beiden Indikatoren

$$p_t = \underset{(83{,}953)}{10{,}566^{***}} + \underset{(1{,}599)}{0{,}191} \cdot y_{1,t} + \underset{(4{,}988)}{0{,}610^{***}} \cdot y_{2,t}$$

$R^2 = 0{,}227$

Auch hier: Koeffizient von y_2 signifikant höher als jener von y_1

Aber:

- Indikator y_1 statt y_2 in Balanced Scorecard zu verwenden ist nicht sinnvoll
- Grund: Beide Leistungsindikatoren haben (annahmegemäß) *dieselbe* Indikatorfunktion für Kostensenkungsmaßnahmen
- Und: Kostenmaßnahmen sind endogen, daher würden künftige Analysen bei Ersatz von y_1 durch y_2 genau umgekehrtes Ergebnis liefern

Beispiel
Gehaltsunterschiede (1)

Entlohnungsdaten zu Gehaltsunterschieden eines Unternehmens

Mitarbeiter	Erfahrung e	Ausbildung a	Gehalt (in Tsd.)		
			$s(a = 0)$	$s(a = 1)$	$s(a = 2)$
M1	6	0	81		
M2	9	1		92,5	
M3	9	2			97
M4	8	1		91	
M5	12	1		100	
M6	13	0	97		
…					

- Frage: Wie hoch wäre Gehalt von M1, wenn er Bachelorabschluss hätte?

- Übliche Vorgehensweise wäre **Matching**: Vergleich ähnlicher Mitarbeiter, welche sich in einem Punkt unterscheiden

  z.B. M2 und M3 mit gleicher Erfahrung, aber verschiedener Ausbildung

  Ist aber mangels Daten nicht möglich

Beispiel
Gehaltsunterschiede (2)

- Angenommen, Daten liefern folgende Regressionsgleichung

$$\hat{s} = 65 + 2{,}5 \cdot e + 5 \cdot a$$

- Gehalt für M1 mit Bachelor-Abschluss?
  1. Einsetzen in Regressionsgleichung

$$\begin{aligned}\hat{s}_{M1}(a = 1) &= 65 + 2{,}5 \cdot e_{M1} + 5 \cdot a_{M2} \\ &= 65 + 2{,}5 \cdot 6 + 5 \cdot 1 = 85\end{aligned}$$

  2. Alternativ ausgehend vom tatsächlichen Gehalt

$$\hat{s}_{M1}(a = 1) = 81 + 5 \cdot a_{M1} = 81 + 5 \cdot 1 = 86$$

     Dabei wird individuelle Abweichung bei tatsächlichem Gehalt von M1 berücksichtigt

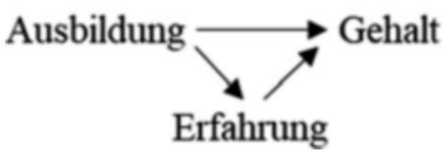
$$s_{M1} - \hat{s}_{M1}(a = 0) = 81 - (65 + 2{,}5 \cdot e_{M1}) = 81 - 80 = 1$$

- **Problem:** Erfahrung und Ausbildung sind i.d.R. voneinander abhängig

  → Ausbildung kostet Zeit, daher höhere Ausbildung → weniger Erfahrung

Beispiel
Gehaltsunterschiede (3)

- Ermittlung eines ***counterfactual***
  - Erfahrung ist ein **Mediator**
    - Lineare Regression blendet indirekten Effekt von Ausbildung auf Gehalt aus



  - Angenommen, Regression von a und e ist $\hat{e} = 10 - 4 \cdot a$
  - Schätzung des Gehalts von M1 mit einem Bachelor-Abschluss

$$\hat{s}_{M1}(a = 1) = 65 + 2{,}5 \cdot e_{M1} + 5 \cdot a_{M2}$$
$$= 65 + 2{,}5 \cdot (6 - 4) + 5 \cdot 1 = 75$$

  - bzw. $\hat{s}_{M1}(a = 1) = 76$ ausgehend von aktuellem Gehalt von M1
  - Gehalt wäre *niedriger* als aktuelles Gehalt von M1
    - Grund: 4 Jahre Erfahrung sind mehr wert als 1 Einheit Ausbildung