

White Paper

Vergleichende Beurteilung von Automatisierungskonzepten für Anlagen der Wasserwirtschaft

Werkzeugunterstützte Optimierung von Lebenszykluskosten



Inhalt

1. Einführung
2. Potentiale zur Optimierung der Energieeffizienz am Beispiel der elektrischen Energie in Kläranlagen
3. Toolunterstützung zur Bewertung von Alternativtechnologien in Bezug auf Lebenszykluskosten
4. Optimierung der Lebenszykluskosten durch Umrüstung bestehender Automatisierungssysteme in Kläranlagen
5. Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien für Wasseraufbereitungsanlagen
6. Automatisierung von Festbettfiltern unter speziellen Randbedingungen
7. Wann lohnt sich die Automatisierung dezentraler Regenrückhaltebecken?
8. Zusammenfassung

1. Einführung

Energieeffizienz und die Optimierung spezifischer Produktionskosten sind zentrale gesellschaftliche und betriebliche Themen, denen wir uns aus verschiedensten Gründen stellen müssen. Energieeffiziente Technologien sind in der Investitionsphase oftmals teurer als traditionellen Technologien. Über den gesamten Lebenszyklus einer Produktionsanlage zahlen sich Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und zur Senkung der Lebenszykluskosten einer Anlage (LCC) aber meistens aus.

Die zu erwartenden Gesamtkosten von Produktionsanlagen über den Lebenszyklus, der bei Anlagen der kommunalen Wasser- und Abwasseraufbereitung und bei verfahrenstechnischen Produktionsanlagen bis zu 25 Jahren betragen kann (Bild 1), können aber in Abhängigkeit der (verfahrens)technischen Auslegung der Anlagen und der zum Einsatz kommenden Automatisierungskomponenten und –systeme stark variieren. Eine Anlagen- bzw. Automatisierungsvariante mit niedrigsten Investitionskosten muss bei einer Betrachtung der Summe aller Kosten des Lebenszyklus nicht immer das betriebswirtschaftliche Optimum über den gesamten Lebenszyklus der Anlage darstellen.

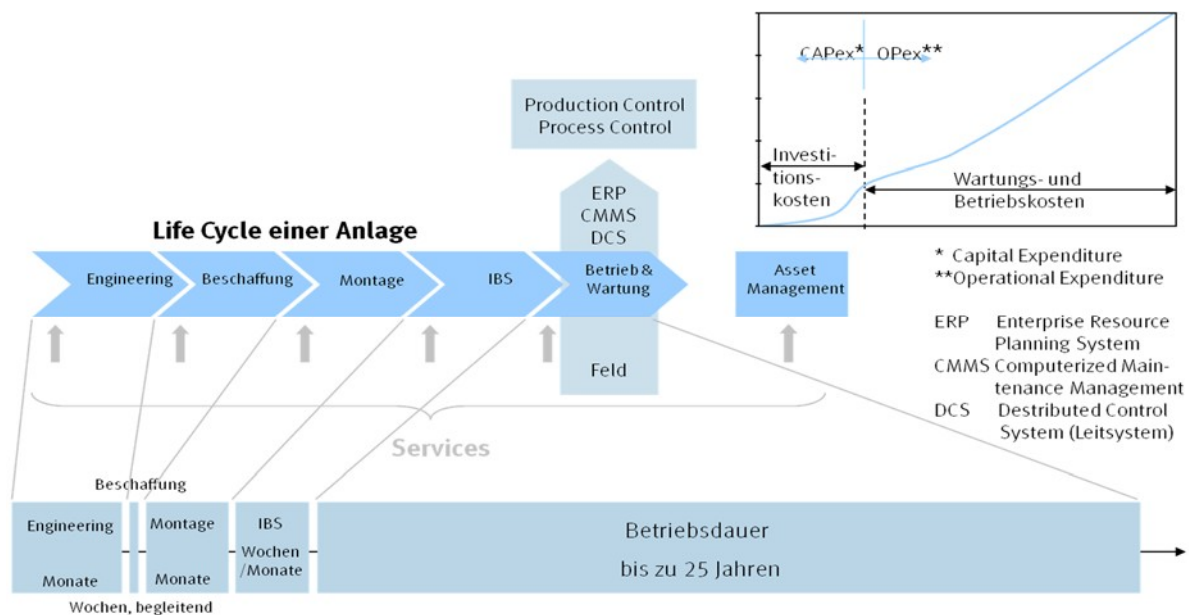
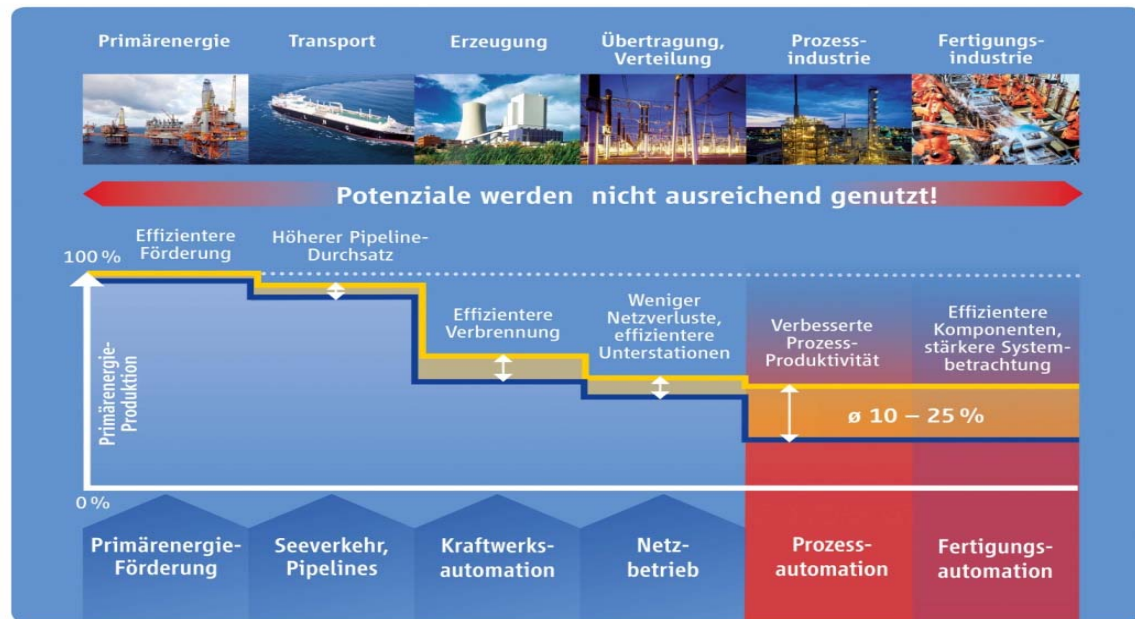


Bild 1: Kosten über den Lebenszyklus von Produktionsanlagen, schematische Darstellung.

D.h., eine reine Betrachtung der Investitionskosten greift bei der Bewertung von Alternativtechnologien zu kurz und kann bei der Aufgabe der Senkung von LCC zu falschen Schlüssen führen. Heutzutage werden Investitionsentscheidungen oftmals ausschließlich auf Basis der Investitionskosten getroffen, obwohl u.a. die öffentliche Vergabeordnung fordert, dass auch LCC und Energieeffizienz bei der Evaluierung von Alternativtechnologien zu berücksichtigen sind. In der Praxis wird dies zu wenig angewendet.

2. Potentiale zur Optimierung der Energieeffizienz am Beispiel der elektrischen Energie in Kläranlagen

In der Gesamtkette des Energiestromes von der Primärenergieförderung bis zur Umwandlung von elektrischer Energie in Wärme, kinetische, potentielle Energie etc. treten in der verschiedenen Abschnitten Verluste auf. Beispielsweise beim Transport durch Pipelines oder bei der Umwandlung der Primärenergie in elektrische Energie in Kraftwerken. Die größten Potentiale zur Steigerung der Energieeffizienz sind in den eigentlichen Produktionsprozessen der Verfahrenstechnik und der Fertigungstechnik [1].



In den industriellen Prozessen können besonders hohe Energieeffizienzsteigerungen realisiert werden.

Quelle: ABB Group, ZVEI.

— Output ohne Maßnahmen — Output mit Maßnahmen

Bild 2: Potentiale für Energieeffizienzsteigerungen [1].

Das Potential kann dabei durch verschiedene Maßnahmen ausgeschöpft werden, wie z. B.

- durch Anwendung energieeffizienter Einzelkomponenten (z. B. energieeffiziente Motoren)
- Automatisierungsstrukturen, die eine Anlagenfahrweise angepasst an die jeweiligen Anforderungen ermöglichen (z. B. Sauerstoffeintrag in Klärwerken in Abhängigkeit der aktuellen Parameter der Schmutzfracht)
- Geänderte technische Auslegungen der Anlagen (s. hierzu auch spätere Beispiele)

Weitere Kennwerte aus einer Studie des Bundesumweltamtes aus dem Jahre 2006 zeigen das enorme Potential an Möglichkeiten der Effizienzsteigerung am Beispiel kommunaler Kläranlagen [2]. Kommunale Kläranlagen verbrauchen im Durchschnitt 4.400 GWh, was

- 0,7% des bundesweiten Verbrauchs an elektrischer Energie,
- 20% des Verbrauchs elektrischer Energie der Kommunen und
- einem Äquivalent von 3 Mio. t CO₂ entspricht.

Die größten Verbraucher der Energie in Klärwerken sind dabei

- Einrichtungen zur Belüftung
- Pump- und Rührwerke
- Schlammbehandlung.

In Klärwerken gibt es grundsätzlich zwei Möglichkeiten, die Energieeffizienz zu steigern. Zum einen werden laut [2] durch Faulgas erzeugung und dessen Verstromung ca. 865 GWh (ca. 20% des Gesamtbedarfs) in den Anlagen selbst erzeugt. Dieses Potential kann sicherlich weiter ausgebaut werden. Zum anderen schätzen Experten die Möglichkeiten von Einsparungen der elektrischen Energie auf bis zu 20%. Wenn man dieses Potential in Relation zu den Steigerungsmöglichkeiten der Energieerzeugung aus Faulgas setzt, erkennt man, dass durch die Ausschöpfung von Maßnahmen der Energieeffizienzsteigerung energetisch gesehen das gleiche Ergebnis erreicht werden kann, wie durch eine Verdopplung der Erzeugung elektrischer Energie durch Faulgasverstromung.

Dies zeigt, dass sich Energieeffizienz rechnet. Gleichzeitig wird die Notwendigkeit der Nutzung von Systemen des Energiemonitoring deutlich. Denn nur was messbar ist, kann auch optimiert werden. Und nur das ständige Monitoring der Auswirkungen von Maßnahmen der Energieeffizienz ermöglicht die Sensibilisierung des Betriebspersonals und die Implementierung eines dauerhaften Bewusstseins für das Thema Energieeffizienz. Ein stärkeres und vor allem auch konsequenteres Handeln in Richtung Energieeffizienz und LCC-Optimierung ist in jedem Fall erforderlich.

3. Toolunterstützung zur Bewertung von Alternativtechnologien nach LCC

Derzeit sind noch wesentliche Barrieren vorhanden, die eine Durchdringung/Implementierung der Bewertung von Maßnahmen zur Minimierung der LCC bei Investitionsentscheidungen vor allem im öffentlichen Auftragswesen verhindern. Hierzu zählen unter anderem:

- eine gewisse ‚Blaupausenmentalität‘, d.h. mögliche neue und effizientere Technologien werden nicht in den Planungsprozess eingebracht, da im Sinne der Optimierung von Planungskosten meistens auf traditionelle Lösungen, die der Planer und Betreiber kennt, zurück gegriffen wird.
- mangelnde Erfahrung in der Bewertung von Alternativtechnologien. Eine Investitionsentscheidung ist für die Betreiber von Wasser- bzw. Abwasseranlagen keine häufig wiederkehrende Aufgabe. Oftmals steht diese Aufgabe nur einmal in fünf Jahren an. Die vorhandene Erfahrung zur Bewertung von Alternativtechnologien ist daher häufig nicht vorhanden und der Aufwand zur Einarbeitung in Methoden der Bewertung von Alternativtechnologien ist sehr hoch für diese sehr selten zu durchlaufenden Arbeitsschritte. Daher wird der Aufwand meistens nicht betrieben, auf bekannte Verfahren zurückgegriffen und die Bewertung ausschließlich auf Basis der Investitionskosten vorgenommen.
- fehlende Anreizsysteme für die Optimierung der Anlagentechnologien. Die Planungsleistungen werden nach vorgegebenen Honorarordnungen vergütet, die sich an der Gesamtsumme der Investitionskosten orientieren. Ein Anreiz, über die Honorarordnung auch Investitionen in Energieeffizienz und LCC Optimierung zu fördern, ist derzeit nicht vorhanden, was wiederum zur ‚Blaupausenmentalität‘ führt.

Um die Berücksichtigung von energieeffizienten Technologien und des LCC Gedankens im Vergabeprozess vor allem im öffentlichen Bereich zu stärken, hat der ZVEI zusammen mit dem Unternehmen Deloitte ein anwendungsfreundliches Instrument entwickelt, das unterschiedlichste Alternativtechnologien unter Einbeziehung von Fragen der Energieeffizienz und der LCC und deren Auswirkungen transparent darstellt und über den Betrachtungszeitraum monetär vergleichbar macht.

Das Excel-basierte Werkzeug wird dabei im wesentlichen durch die folgenden Punkte charakterisiert :

- Abbildung des vollständigen Lebenszyklus einer Anlage vom Engineering über die Installations- und Betriebsphase bis zur Deinstallationsphase
- Berücksichtigung aller relevanten betriebswirtschaftlichen Kostenfaktoren, wie z. B. Personal, Material, Energie, Fremdleistungen, Finanzierung etc.
- Möglichkeit der strukturierten Berücksichtigung und Analyse ausgewählter Kostenhaupt- und -Kostenunterkategorien
- Parametrierbarkeit von Merkmalen, die eine Vergleichbarkeit zu einem Stichtag ermöglichen, wie z. B. Diskontierungssatz
- Auswertung über Kennzahlen mit entsprechenden graphischen Aufbereitungen

ZVEI Investitionsprojekt 1 Jahr der Nutzung 1 2 3
 TEUR Eingabedaten Phase Investitionsphase Betriebsphase Betriebsphase

Allgemeine Prämissen

Nummer des Investitionsprojekts 1
 Name des Investitionsprojekts Ausbilder
 Perspektive: Kostenoffenlegung, Projektkostenbegriffe vs. Betreiber, Projektkostenbegriffe
 Leistung je Anlage (TED) 100
 Nutzungsdauer (Jahre) 26
 Installationsphase (Jahre) 1
 Betriebsphase (Jahre) 24
 Deinstallationsphase (Jahre) 1

Kostentreiber

Personal

Personal je Anlage (Jahre) 1
 Lohn und Gehälter JA
 Sachverständigenkosten JA
 Sachverständigenkosten (Jahre) JA
 Coasting JA
 Personal gesamt = = =

Material

Material je Anlage (Jahre) 1
 Energiekosten JA 555.275,0 555.275,0
 Rohstoffe JA
 Hilfsstoffe JA
 Betriebsstoffe JA
 Rohstoffe JA
 Material gesamt = 555.275,0 555.275,0

Bezugene Leistungen

Gehälter und Bezahlung JA
 Sachverständigenkosten, Projektkosten JA
 Kosten Projektspezifisch JA
 Verträge und Garantien JA
 Sachverständigenkosten, Projektkosten JA
 Coasting JA
 Bezugene Leistungen gesamt = = =

Anlagen

Gehälter JA
 Sachverständigenkosten JA

Auswertung		
Einheit für Grafiken	Mio. EUR	
Wirtschaftlichkeitsvergleich	Investitions- projekt I	Investitions- projekt II
Leistung je Anlage	250000	250000
Anzahl Anlagen zur Harmonisierung der Leistung	1	1
Nutzungsdauer (Jahre)	26	26
Installationsphase (Jahre)	1	1
Betriebsphase (Jahre)	24	24
Deinstallationsphase (Jahre)	1	1
Anzahl Wiederholungen zur Harmonisierung der Projektlaufzeit	1	1
Nutzungsdauer bei harmonisierter Projektlaufzeit (Jahre)	26	26
Diskontierungszinssatz	0,0%	0,0%
Barwert Lebenszykluskosten bei einmaliger Projektdurchführung (EUR)	14.118.672,0	13.865.416,0
Barwert Lebenszykluskosten bei harmonisierter Projektlaufzeit (EUR)	14.118.672,0	13.865.416,0
Jährliche Annuität (EUR)	543.025,8	533.285,2

Bild 3: Eingabemaske und Ergebnispräsentation des Excel-basierten ZVEI-Tools zur Bewertung von Alternativtechnologien in Bezug auf Energieeffizienz und LCC.

Der wesentliche Vorteil des Tools ist, dass es nicht nur die Betrachtung einzelner Komponenten (drehzahlgeregelte Antriebe, energieeffiziente Antriebe etc.) ermöglicht, sondern es können auch völlig unterschiedliche Maßnahmen innerhalb einer Anlage einer ganzheitlichen Betrachtung unterzogen und entsprechend monetär über den Lebenszyklus bewertet werden.

4. Optimierung der LCC Kosten und Steigerung der Energieeffizienz im Klärwerk Böblingen-Sindelfingen

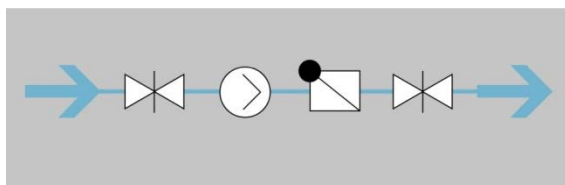
Wie eine Anlagenmodernisierung konkret umgesetzt werden kann und welche Vorteile sie dem Betreiber bietet, zeigt ein Beispiel des Klärwerks Böblingen-Sindelfingen. Das Klärwerk reinigt die Abwässer von 250.000 Einwohnern. Neben der mechanischen und biologischen Reinigungsstufe sowie der Schlammbehandlung wird hier als zusätzlich Reinigungsstufe eine Flockungsfiltration nachgeschaltet, um die Gewässergüte des Flusses Schwippe zu verbessern. Dieser Flockungsfiltration wurde zwischenzeitlich eine Aktivkohlebehandlung vorgeschaltet, die Mikroverunreinigen weitestgehend eliminiert.



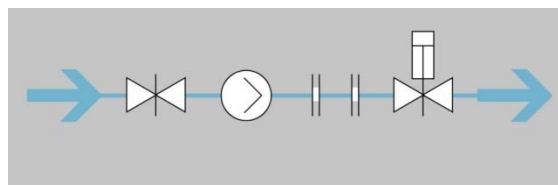
Bild 4: Tropfkörperanlage.

Das nachfolgend dargestellte Beispiel wurde im zentralen Pumpwerk der Kläranlage Böblingen Sindelfingen realisiert. Das Abwasser aus der Vorklärung wird in das Verteilungsbauwerk für die sieben Tropfkörper (Bild 4) gepumpt.

Dafür stehen sechs Kreiselumpen im Pumpenkeller zur Verfügung. Davon sind je nach Belastungsgrad drei bis fünf Pumpen in Betrieb, eine Pumpe wird als Redundanz vorgehalten. Die Kenndaten jeder Pumpe sind: Nennleistung 90 kW, Nennspannung 400V, Förderleistung 500 l/s bei einer Förderhöhe von 8-9 m. Die Nennweite der Druckleitung beträgt DN350. Das Pumpwerk war vor dem Umbau standardmäßig wie folgt aufgebaut (Bild 5):



Schieber-Pumpe-Rückschlagklappe-Schieber



Schieber-Pumpe-Rohrstück-Pneumatischer Schieber

Bild 5: Schematische Darstellung der Pumpenkonfiguration **vor** dem Umbau.

Bild 6: Schematische Darstellung der Pumpenkonfiguration **nach** dem Umbau.

Die Situation vor dem Umbau war durch folgende Merkmale gekennzeichnet:

- ständiger Druckverlust und damit Energieverlust über der Rückschlagklappe
- Reduzierung des effektiven Rohrleitungsquerschnitts durch die sich im Volumenstrom befindliche Klappe
- Wasserschläge beim Schließen der Klappe mit entsprechenden Schwingungen des Rohrleitungssystems
- Gasbildung vor der Klappe bei längerem Pumpenstillstand. Diese verhindert das automatische Öffnen der Rückschlagklappe beim Anlauf der Pumpe, manuelles Öffnen ist dann erforderlich
- größere Einbaumaßnahme wegen der erforderlichen Personenschutzeinrichtungen bedingt durch die beweglichen Teile der Rückschlagklappe.

Die Lebensdauer der Rückschlagklappen beträgt erfahrungsgemäß ca. 12 Jahre. Der kontinuierliche Verschleiß ist aber nicht erkennbar, d.h. auftretende Undichtigkeiten werden nicht erkannt.

Im Rahmen des ohnehin anstehenden Ersatzes der Rückschlagklappe wurde die Gesamtkonfiguration nochmals technologisch untersucht. Das Ergebnis der Untersuchung führte dazu, dass die Rückschlagklappe vollständig und funktional durch eine pneumatische Automatisierung der bestehenden manuellen Absperrschieber ersetzt wurde (Bild 6). Ein zusätzlicher Druckluftspeicher wurde installiert, um ausreichend Reserve zur Betätigung der Absperrschieber auch im Notfall bereitzustellen. Durch die modifizierte Pumpenkonfiguration werden die o.g. Nachteile der Ursprungsinstallation zukünftig vermieden. Gleichzeitig wird eine längere Standzeit der Aggregate erreicht.

Die Vorteile aus Sicht der Energieeffizienz sind ebenfalls erheblich. In Summe werden

- 2% des Gesamtbedarfs an elektrischer Energie der Kläranlage pro Jahr eingespart.
- 4% des Gesamtbedarfs an elektrischer Energie der Pumpen pro Jahr eingespart.
- Die Investitionen betragen bei
 - o einem Ersatz der Rückschlagklappen durch neue Klappe min. 18.000 EUR.
 - o einem Umbau wie beschrieben (Bild 7) ca. 25.000 EUR.
- Die eingesparten Energiekosten betragen ca. 11.300 EUR/a.
- Der ROI ist somit kleiner als ein Jahr.
- Bei günstigeren hydraulischen Verhältnissen in der Anlage können nach Abschätzungen des Betreibers bis zu 10% der jährlichen Pumpenenergie eingespart werden.



Bild 7: Pumpwerk nach dem Umbau.

Zudem ist die gesamte Struktur des Pumpwerkes (Bild 7) wesentlich übersichtlicher. Zusätzlich konnte Platz gewonnen und der Lärmpegel deutlich gesenkt werden. Da die Absperrschieber dicht schließen, treten keine unerkannten Leckagen mehr im Betrieb auf.

5. Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien für eine Wasseraufbereitung (Zweckverband Wasserversorgung Kleine Kinzig)

Die Universität Braunschweig führte für eine neue Teilanlage des Zweckverbandes Wasserversorgung Kleine Kinzig einen Vergleich unterschiedlicher Antriebstechnologien durch [3]. In der Studie wurde an dieser realen Anlage elektrische Antriebstechnik mit pneumatischer Antriebstechnik auf Basis der für diese Anlage typischen Parameter verglichen. Der Anlagenteil der Vorreinigung besteht dabei aus acht Filterbecken angeordnet in zwei Ebenen.

Jedes Filterbecken ist mit sieben Auf/Zu-Ventilen und einem Regelventil ausgerüstet. Die Schalthäufigkeit der Ventile ist extrem niedrig, u.U. nur 1/d. Innerhalb der Studie wurden die folgenden Parameter in den einzelnen Phasen des Lebenszyklus der Anlage berücksichtigt:

- Kosten in der Anschaffungs- und Installationsphase
 - o Projektierung
 - o Beschaffung
 - o Montage und Inbetriebnahme
- Nutzungsphase
 - o Energiekosten
 - o Inspektions- und Wartungskosten, Reparaturkosten
- Demontage und Entsorgungskosten



Bild 8: Wasserwerk Kleine Kinzig.

Ein wesentlicher Punkt für Untersuchungen der Lebenszykluskosten von Anlagen ist die funktionale Abgrenzung des betrachteten Systems. In dem o.g. Beispiel wurde vorausgesetzt, dass bei Ausfall der elektrischen Energieversorgung die Anlage in jedem Fall noch bedienbar sein sollte. Dies ist in dem Vergleich durch eine entsprechende Notstromversorgung realisiert worden. Die Anlage wurde komplett in Bezug auf die zu erwartenden Engineering- und Montagekosten untersucht. Hierzu wurde ein komplettes Detailengineering durchgeführt mit der zugehörigen Ermittlung von Kabel- und Schlauchlängen, erforderlicher Infrastruktur, Definition örtlicher Verteilungen etc.

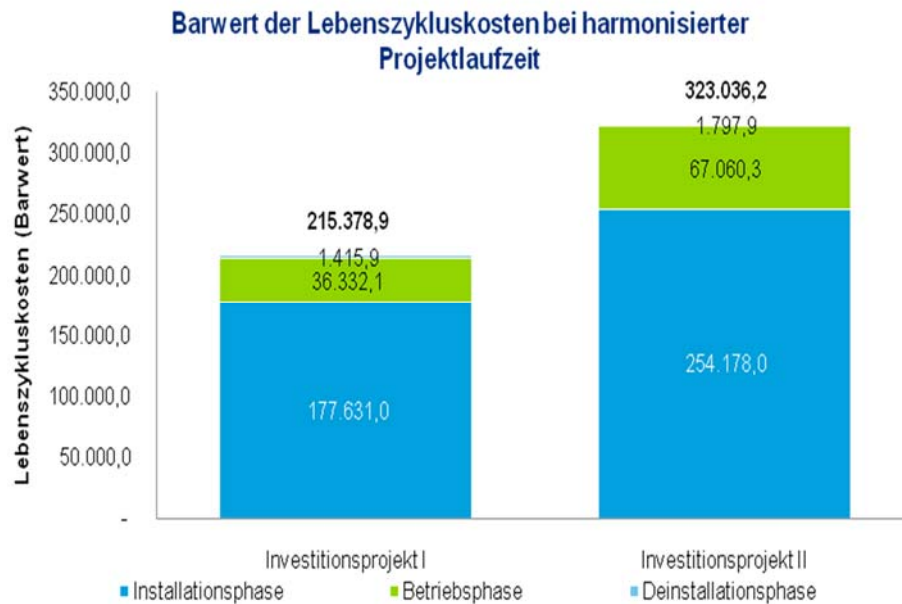


Bild 9: Vergleich der LCC (in EUR) über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren

- o Investitionsprojekt I: pneumatische Antriebstechnik
- o Investitionsprojekt II: elektrische Antriebstechnik.

Ein Vergleich der LCC (Bild 9) über einen Betrachtungszeitraum von 25 Jahren zeigt für diese Anlage, dass

- die Betriebskosten inklusive der Wartungskosten im Vergleich zu den Investitionskosten einen deutlich niedrigeren Stellenwert haben
- die Kosten für die elektrische und pneumatische Energie bei Anlagen, die eine entsprechend geringe Schalthäufigkeit aufweisen, vernachlässigbar sind.

Es sei an dieser Stelle nochmals betont, dass derartige Ergebnisse immer nur die Gegebenheiten der real untersuchten Anlage widerspiegeln. Eine Übertragung auf Anlagen gleichartiger Charakteristik ist sicherlich möglich. Eine Übertragung auf Anlagen mit anderen Charakteristiken ist nicht zulässig, da hier andere Parameter eine deutlich gewichtigere Rolle spielen können. Der Verbrauch an Energie ist bei der untersuchten Anlage wegen der geringen Schalthäufigkeit der Ventile zu vernachlässigen. Dementsprechend sind die Kosten während der Betriebsphase deutlich geringer als die Investitionskosten. Bei Anlagen der Fertigungstechnik ist zumindest die letzte Aussage nicht per se zutreffend, da bei diesen Anlagen das Verhältnis von Energiekosten zu Investitionskosten deutlich größer ist. Eine Übertragbarkeit der Ergebnisse ist daher nicht ohne weiteres möglich.

6. Automatisierung von Festbettfiltern unter speziellen Randbedingungen

Festbettfilter in offener oder geschlossener Bauweise sind ein wichtiges Element der Wasseraufbereitung in Wasserwerken oder Kläranlagen. Sie entfernen Trübstoffe, biologisch nicht abbaubare Inhaltsstoffe, enthärten oder entsäuern bzw. härten das Wasser auf. Die Schüttung kann je nach Aufgabe beispielsweise aus Sand, Kies, Hydroanthrazit oder Aktivkohle in einer oder mehreren Lagen bestehen.

Meist sind fünf bis acht Armaturen notwendig, um einen Festbettfilter zu steuern (Bild 10). Davon arbeiten bis zu drei Armaturen geregelt, die übrigen im Auf-/Zu-Betrieb. Überwiegend eingesetzt werden zentrisch gelagerte Einklemmkappen oder doppeltezentrisch gelagerte Absperrklappen, als Regelarmatur am Filterablauf auch Ringkolbenventile. Bei offener Bauweise und großvolumigen Becken werden im Zulauf und Schlammablauf häufig gehäuselose Schieber oder Klappwehre spezifiziert.

Bei der Armaturen-Steuerung bietet die Pneumatik mehr Funktionalität. Mit ihr lassen sich in Abhängigkeit der jeweiligen Betriebssituation sicherheitsrelevante Funktionen zwangsweise steuern. Das betrifft besonders das Verhalten der Armaturen bei Stromausfall, wenn kein Notstromaggregat vorhanden ist.

Die Regelarmatur (Bild 11) für den Filterablauf ist mit pneumatischem Antrieb und elektropneumatischem Stellungsregler ausgerüstet. Dabei vergleicht der Stellungsregler im Closed-Loop-Modus laufend das Soll-Signal mit der tatsächlichen Position des Schwenkantriebs und reagiert entsprechend. Etwaige Abweichungen können so auch automatisch eine Fehlermeldung und den Not-Halt auslösen. Sollte einmal der Strom ausfallen, so kann eine vorab festgelegte Sicherheitsstellung des Prozessventils unkalkulierbare Prozesszustände verhindern.

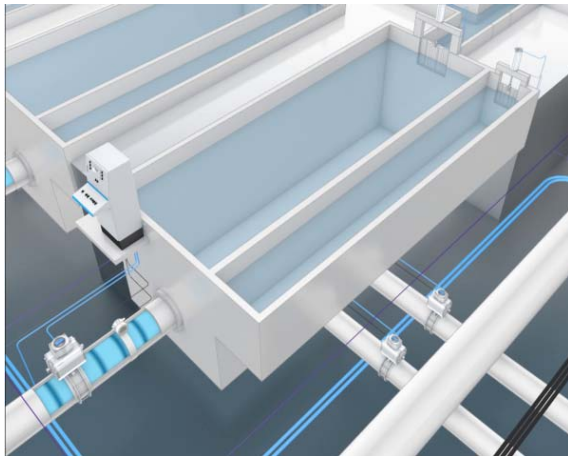


Bild 10: Aufbau eines Festbettfilters.



Bild 11: Regelarmatur.

Wie kann man aber einen Festbettfilter regeln bei mangelnder Zuverlässigkeit der elektrischen Energieversorgung? Bei Wasseraufbereitungsanlagen in Entwicklungsländern sind aber dies oft die Projektgegebenheiten. Hinzukommen noch besondere Anforderungen wie:

- **Schnelle Montage und Inbetriebsetzung** auch bei
 - o unvollständiger elektrischer Einspeisung
 - o fehlenden Teilen der Automatisierungstechnik, z. B. Steuerungen
- **Manuelle Bedienung** über Bedienpanels nur mit Druckluft
 - o im Notfall (z.B. bei Spannungsausfall)
 - o bei verspäteten Installationen/Lieferungen (z. B. Steuerung)
- **Robuste Lösung** für Regelkreise ohne hohe Anforderungen an Wartung.
- **Einsparungen über den Lebenszyklus** der Anlagen, d.h. in den Investitionskosten und auch in den Betriebs- und Instandhaltungskosten.

Die ausschließliche Bedienung über pneumatische Betätigungselemente erfordert zusätzlich ein geändertes Ansteuerungs- und Regelungsprinzip der geregelten Klappe im Ablauf von Sandbettfiltern. Die traditionelle Ansteuerung über einen elektropneumatischen Stellungsregler ist hier nicht möglich, da die Anforderungen des Betreibers an eine Bedienung der Anlage ohne elektrische Energie/Steuerung nicht erfüllt werden können. Die Regelungsfunktion wurde in der Software der Steuerung prozessnah abgebildet. Bild 12 zeigt die geänderte Regelkreisstruktur, die neben dem genannten Vorteil der Bedienbarkeit ohne Steuerung/elektrische Energie weitere Vorteile bietet in Bezug auf:

- Niedrigere Investitions- und damit auch Life-Cycle-Kosten.
- Geringere Anforderungen an die Qualität der Druckluft.
- Schnelleres Fahren der Regelklappe möglich.

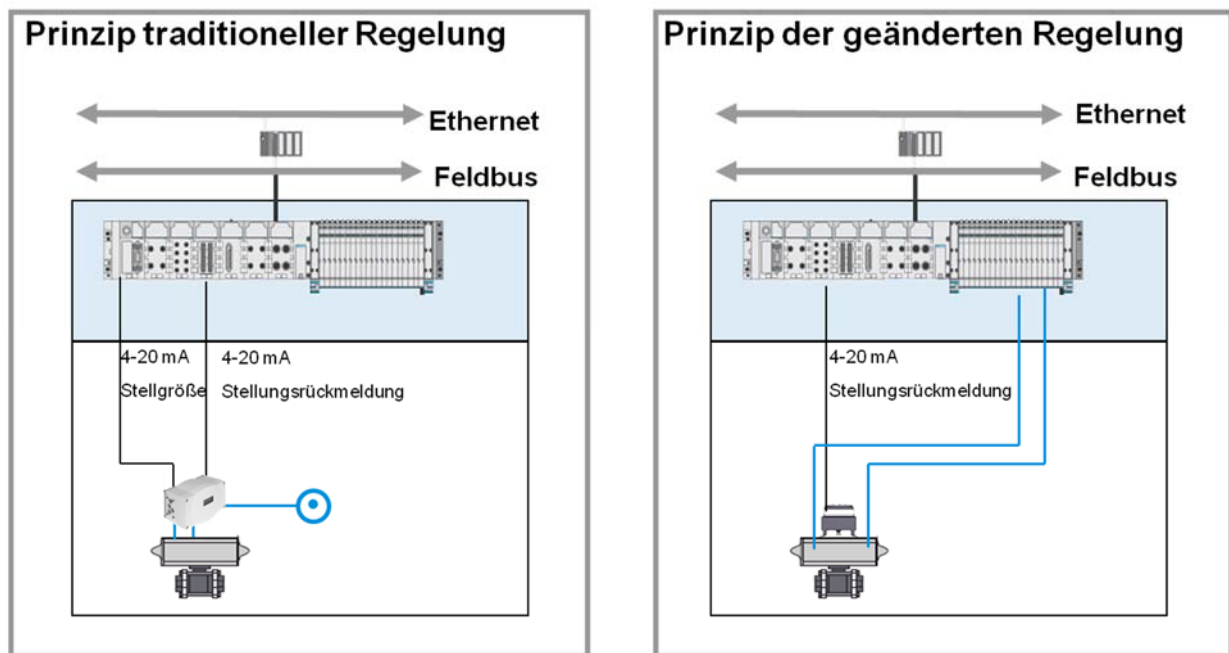


Bild 12: Änderung der Regelkreisstruktur.

7. Energieautarke Automatisierung von Regenrückhaltebecken – wann lohnt sich dies?

Regenrückhaltebecken speichern bei Starkregenereignissen die anfallenden Regenmengen, um Kläranlagen bei diesen Ausnahmezuständen nicht zu überlasten. Diese Anlagen sind oftmals nicht automatisiert. Der Beitrag beleuchtet die Problematik unter dem Gesichtspunkt möglicher Varianten der elektrischen Energieversorgung und Automatisierung und gibt Hinweise, wann eine energieautarke elektrische Energieversorgung wirtschaftlich sinnvoll sind.

Neben diesen allgemeinen Themen gibt es noch spezielle Anforderungen an die Auswahl und Projektierung von Automatisierungslösungen, z. B. die Berücksichtigung wirtschaftlicher Gesichtspunkte bei der Automatisierung von dezentralen Anlagenteilen und deren Einbindung in einen Anlagenverbund unter dem Gesichtspunkt, dass aktuell keine Einspeisung der Energie wegen der dezentralen Lage dieser Anlagen (z. B. Regenrückhaltebecken in der Wasserwirtschaft) vorhanden oder nur mit wirtschaftlich nicht vertretbarem Aufwand herstellbar ist.

7.1 Energieautarke Automatisierung dezentral gelegener Regenüberlaufbecken

Regenrückhaltebecken fangen bei großen Niederschlagsmengen das überschüssige Wasser (Oberfläche oder Kanalisation) auf und schützen Klärwerke und die natürlichen Gewässer vor Überlastung. Ist in der Kläranlage wieder genügend Kapazität vorhanden, wird das gespeicherte Wasser der Kläranlage zur Reinigung zugeführt. Diese Anlagen werden aus historischen Gründen oder weil sie sich an Orten befinden, an denen kein kostengünstiger Anschluss an das Netz der öffentlichen Energieversorgung herzustellen ist, oftmals ausschließlich mit mechanischen Drosseln betrieben. Diese Technologie hat aus Betriebsführungssicht mehrere Nachteile, wie z. B.:

- a Vorortkontrolle der Anlagenfunktion nach einer Belastung der Anlage vorgeschrieben,
- b eine gezielte Schwallspülung erfordert einen manuellen Eingriff vor Ort,
- c die Entleerung aller Regenrückhaltebecken erfolgt unkoordiniert zur Kläranlage,
- d es sind keine Informationen über den aktuellen Wasserstand und andere Parameter des Rückhaltebeckens vorhanden,
- e generell schwierigere Betriebsführung der Becken im Kläranlagenverbund im Vergleich zu automatisierten Anlagen,
- f keine Möglichkeit der visuellen Kontrolle über Remote-Einrichtungen (z. B. Web-Cams),
- g keine Langfristdaten der Niederschläge und Füllmengen der Becken vorhanden.

Unter diesen Gesichtspunkten und der fortschreitenden Entwicklung von Technologien bietet es sich an, diese Anlagen zu automatisieren. Hierfür ist elektrische und pneumatische Energie erforderlich, die auf verschiedene Weise in die Anlage eingebracht werden kann. Zum einen können diese Energieformen dezentral erzeugt werden über die Nutzung regenerativer Energien, wie z. B. der Solarenergie. Zum anderen kann die elektrische Energie über Anbindung der Anlage an das Netz der öffentlichen Energieversorgung erfolgen.

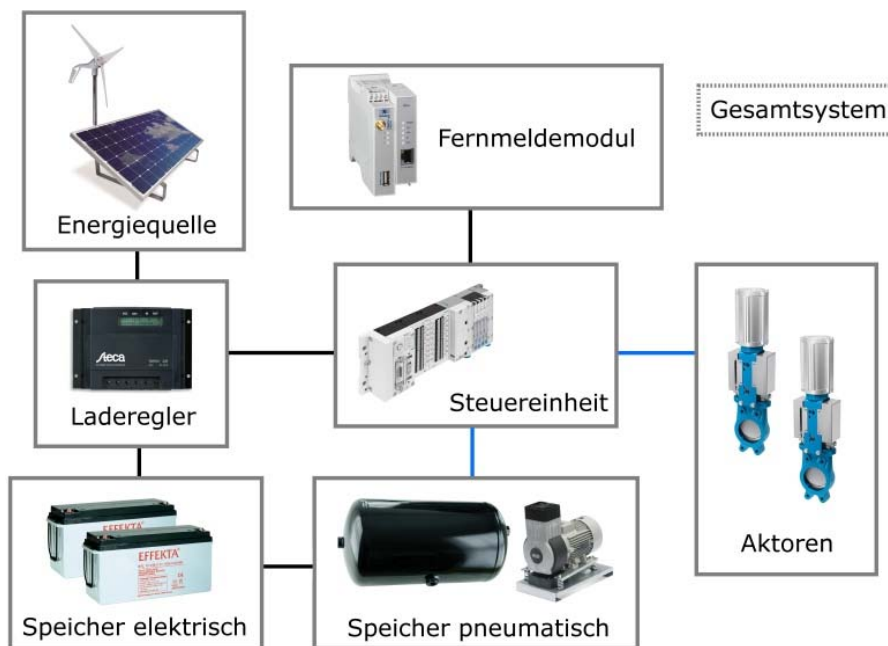


Bild 13: Realisiertes Konzept zur energieautarken Automatisierung eines Regenüberlaufbeckens in Süddeutschland.

Die Auslegung der Automatisierung der Anlage (Bild 13) erfolgte nach folgenden Schritten:

- Festlegung der Anforderungen des Betreibers in Bezug auf Anzahl von Schaltungen und Betriebsdauer der Anlage im Anforderungsfall ohne Energieerzeugung (z. B. nachts),
- darauf basierend wurden die Energiespeicher (Batterien und Druckluft) dimensioniert,
- die Energieerzeugung (Größe der Solarpanels etc.) wurde unter Einbeziehung geographischer Daten des Standortes und der zugehörigen meteorologischen Daten ermittelt,
- Anbindung der Anlage über GSM an das übergeordnete System der Kläranlage.

Die Sonnenenergie wird zur Erzeugung der elektrischen Energie genutzt. Diese wird wiederum mit Hilfe von Kompressoren teilweise in pneumatische Energie umgewandelt. Über Energiespeicher wird die Energie gepuffert und im Bedarfsfall für Schalthanlagen, Alarmer oder Überwachungsfunktionen zur Verfügung gestellt. Fällt die Versorgung durch die erneuerbaren Energieformen aus, können die Schieber dank einer integrierten Notlauffunktion aus den Energiespeichern noch einige Male betätigt werden.

Mit Hilfe eines GSM-Modems wird die gesamte Anlage von der entfernten Leitstelle der Kläranlage aus gesteuert und überwacht. Ein Datenlogger dokumentiert kontinuierlich den Ladestand der Akkus, protokolliert das Ladeverhalten und relevante Anlagenparameter. Auch die Laufzeiten der Druckluftherzeugung werden überwacht. Leckagen, Defekte an der Stromversorgung oder andere Fehler können damit frühzeitig erkannt und beseitigt werden. Die Abflussdrosselschieber werden mit pneumatischen Linearantrieben betätigt, die zum Teil mit Stellungsreglern ausgestattet sind.

Die Vorteile der energieautarken Automatisierung dieser dezentral gelegenen Einrichtungen sind:

- Einsparung der Investitionskosten der Anbindung an das öffentliche Energieversorgungsnetz,
- Zentrale Bedienung und Beobachtung, d.h. Einsparung von Betriebskosten durch manuelle Bedienung und Überwachung,
- kontinuierliche Überwachung der Anlage und des Automatisierungssystems,
- Vermeidung aller Nachteile a – g (s. oben).

7.2 Bewertung der Lebenszykluskosten: ein Vergleich des Betriebes von Regenrückhaltebecken

7.2.1 Realisierung des Konzeptes der autarken Energieversorgung (Variante a) vs Anbindung an das Netz der öffentlichen Energieversorgung (Variante b)

Unterschiedlich bei diesen beiden Varianten ist die Erzeugung der elektrischen Energie. D.h. es sind zu vergleichen die Kosten bei

- Variante a: Solarpanels, Laderegler, Speicherung der elektrischen Energie vs
- Variante b: Kabelverlegung zum nächsten Anschlusspunkt des elektrischen Versorgungsnetzes (NS-Ebene), Schaltschränke zur Energieverteilung in der Anlage

Die Ergebnisse (Bild 14) zeigen die Grenzkosten, bis zu denen eine Kabelanbindung wirtschaftlicher ist im Vergleich zur energieautarken Automatisierungslösung. Z.B. ist bei einer Entfernung zum nächsten Anschlusspunkt an das Energieversorgungsnetz von 400 m bei zu erwartenden Verlegungskosten von mehr als 50 EUR/m die Solarlösung günstiger als die Anbindung an das öffentliche Netz bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren.

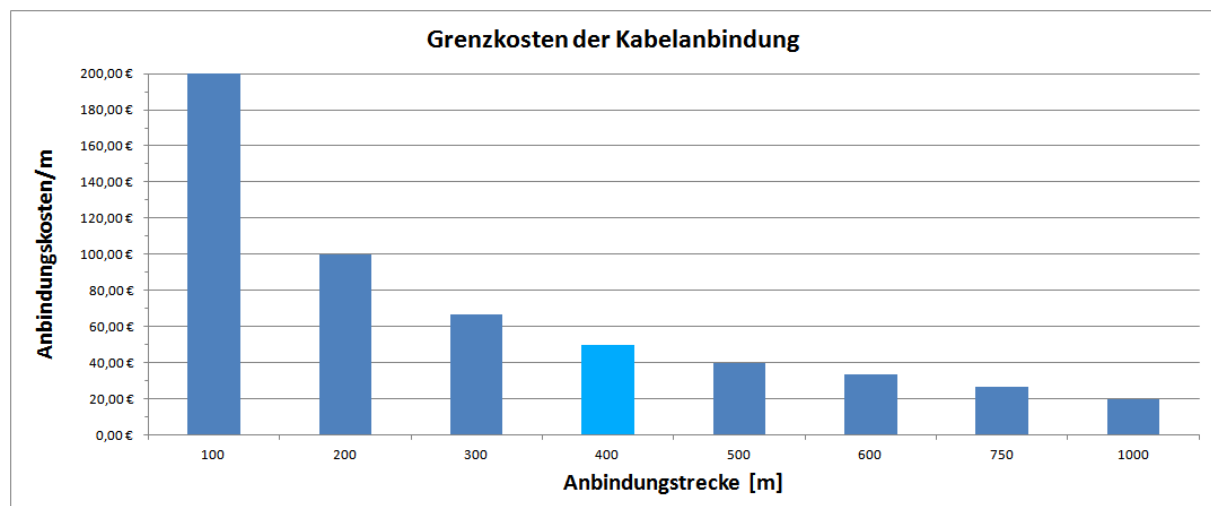


Bild 14: Grenzkosten pro zu verlegendem Kabel in der NS-Ebene.

7.2.2 Realisierung des Konzeptes der autarken Energieversorgung (Variante a) vs weiterhin manueller Betrieb der Anlage (Variante b)

Unterschiedlich bei diesen beiden Varianten ist die Technologie und damit einhergehend die Anforderungen an die manuellen Arbeiten bei Starkregenereignissen. D.h. es sind zu vergleichen die Kosten bei

- Variante a: Komplette Investition und Wartungskosten der dezentralen Energieerzeugung vs
- Variante b: manuelle Aufwendungen für die Routinekontrollen der Anlage im Belastungsfall

Die Ergebnisse (Bild 15) ermöglichen eine schnelle Abschätzung, ob eine energieautarke Automatisierung eines Überlaufbeckens aus wirtschaftlichen Gesichtspunkten sinnvoll ist. Es sind dabei die kumulierten Kosten aufgetragen über einen Betrachtungszeitraum von 20 Jahren. Unter der Voraussetzung, dass weder die tägliche Routinekontrolle über die Fernüberwachung noch Störmeldungen auf eine Einschränkung der Funktionstüchtigkeit des Beckens schließen lassen, kann die routinemäßige Vorortkontrolle bei einer Belastung entfallen. Es wurden bei Variante a trotzdem 6 Vorortkontrollen mit 50 EUR/Kontrolle (Personal und andere Kosten) angesetzt. Die Untersuchung zeigt, dass bei einem Betrachtungszeitraum von 20 Jahren bereits bei einer Annahme von nur 25 Vor-Ort-Besuchen mit den damit verbundenen Kosten von 50 EUR pro Besuch die nicht automatisierte Anlage höhere Gesamtkosten aufweist.

Die automatisierte Anlage hat neben den reinen monetären Vorteilen natürlich auch die Vorteile, dass

- gezielte Schwallspülungen ermöglicht werden,
- der Zulauf mehrerer Becken auf eine Kläranlage einfacher koordiniert werden können,
- alle Anlagenparameter und Langzeittrends automatisch erfasst werden und für entsprechende Untersuchungen und Bewertungen der lokalen Gegebenheiten und Infrastruktur zur Verfügung stehen.

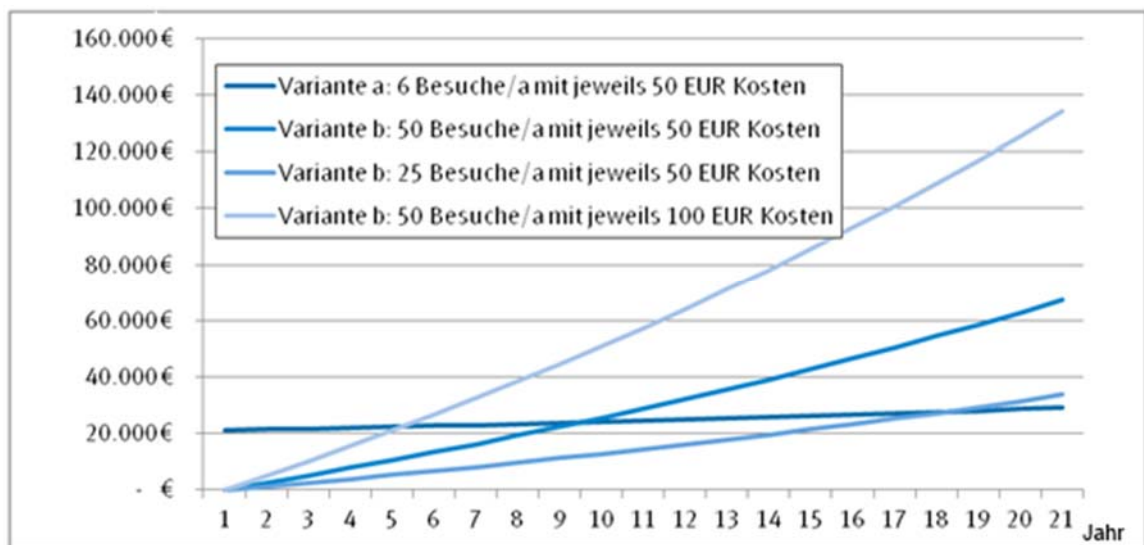


Bild 15: Kumulierte Investitions- und Wartungskosten für die automatisierte Variante (a) und verschiedene Sensitivitätsstudien für die nicht automatisierte Variante (b). Parameter der Sensitivitätsstudien sind die Anzahl der Inspektionen im Belastungsfall und die damit verbundenen Kosten pro Inspektion pro Jahr.

8. Zusammenfassung

In der Steigerung der Energieeffizienz und der Optimierung der LCC liegt ein wesentlicher Schlüssel zur zukünftigen

- Verringerung des CO₂ Emissionen
- Verringerung des Bedarfs an installierter Kraftwerksleistung
- Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie

Voraussetzung für die Optimierung ist das Wissen über die aktuelle Situation des (effizienten) Energieverbrauchs, denn Wissen schafft Bewusstsein. Und nur das, was messbar ist, kann auch optimiert werden. Transparenz in den Energieverbräuchen ist zukünftig ein absolutes Muss in allen Produktionsanlagen.

Wir benötigen aber für einen größeren Schritt in Richtung LCC Optimierung auch einen Wandel im Denken und Handeln, weg von der Blaupausenmentalität hin zu stärkerem Bewusstsein, dass

- Energieeffizienz und Wirtschaftlichkeit kein Widerspruch ist
- sich Energieeffizienz und LCC Optimierung auszahlen
- LCC Betrachtungen zu einem integralen Bestandteil des Planungs- und Vergabeprozesses bei Investitionsvorhaben wird.

Das Tool des ZVEI hat hier eine wesentliche Voraussetzung geschaffen, dass die aktuell noch vorhandenen Barrieren, die die Betrachtung der LCC im Planungs- und Entscheidungsprozess behindern, abgebaut werden. Lösungen zur Optimierung der LCC können konsequent und strukturiert miteinander verglichen werden. Dies sollte zu einem starken Push für die zukünftig vermehrte Anwendung von ‚Enabling Technologies‘, wie Automatisierung unter dem Gesichtspunkt der Energieeffizienz und LCC führen.

Die Anwendung des Tools ist nicht auf Investitionsprojekte der öffentlichen Hand beschränkt, das Tool ist für Projekte aller Art nutzbar.

Referenzen

- [1] *ZVEI*: Flyer Energieeffizienz rechnet sich!, Veröffentlichung April 2011
- [2] *Umweltbundesamt*: Studie ‚Steigerung der Energieeffizienz auf kommunalen Kläranlagen‘, 2006
- [3] *Tobias Beck*: Entwicklung und Implementierung eines Konzeptes zur lebenszyklusorientierten Bewertung von Antriebstechniken für Industriearmaturen, Diplomarbeit TU Braunschweig. Mai 2011

Ansprechpartner:

Festo AG & Co. KG

Segment Management Wasser/Abwasser

Armin Müller

aml@de.festo.com

Industriesegment DE Process Automation

Tobias Brucker

bruc@de.festo.com

www.festo.de/wasser