

Trends, Benchmarks für die Rehabilitation und Bewertung von Wasserversorgungssystemen, dargestellt am Beispiel der Landeshauptstadt Erfurt

Kurzfassung

In der Rehabilitationsphase besteht die seltene Chance zur grundsätzlichen Optimierung und Neukonzipierung der Infrastruktursysteme z. B. durch Anpassung der Kapazitäten an die Bedarfsentwicklung. Es ist heute allgemeine Praxis, bei der Neuerrichtung von Anlagen einen hohen Aufwand z. B. bei der Kapazitätsbemessung und der Minimierung der Herstellungskosten zu treiben. Im Gegensatz hierzu wird jedoch häufig die Entscheidung über den Zeitpunkt für einen Ersatzneubau oder für eine Sanierung und über das hierfür bereitzustellende Budget nur unzureichend aus Sicht der Wirtschaftlichkeit, der Versorgungssicherheit und der Nachhaltigkeit abgewogen. Gerade hierin liegt jedoch ein sehr hohes Potential zur Kostenreduzierung und zum Ressourcenschutz. Der Umfang und Zeitpunkt der Rehabilitation lässt sich nicht allein durch das Aufstellen von Prioritätenlisten z. B. durch Anwendung von Auswahlverfahren bestimmen, sondern es sind zunächst Entscheidungen über den grundsätzlichen Handlungsbedarf, den finanziellen Rahmen der Rehabilitation und ggf. auch über notwendige Veränderungen zu treffen.

Ein Ziel der vorgelegten Arbeit bestand in der Bewertung des Ausbaues der kommunalen Wasserversorgung unter technischen, hygienischen und ökonomischen Aspekten von den Anfängen bis zur Gegenwart am Beispiel der Stadt Erfurt. Diese Bewertung ist dem Grunde nach eine Bewertung des Versorgungsniveaus (Verfügbarkeit, Qualität, Wirtschaftlichkeit) in der Wasserversorgung. Aufgrund des maßgebenden Einflusses des Zustandes des Wasserverteilungsnetzes der städtischen Zentralwasserversorgung auf die Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Nachhaltigkeit der Wasserversorgung waren darüber hinaus die Zustandsentwicklung des Rohrnetzes, die Entwicklung des Rehabilitationsbedarfes und die daraus resultierenden Kosten besonders zu untersuchen und Möglichkeiten für die Systemverbesserung aufzuzeigen.

Zur Bestimmung des Versorgungsniveaus und des Rehabilitationsbedarfes des Anlagenbestandes wurde zunächst eine Analyse des Wasserversorgungssystems unter bestimmten Ausbau- und Nutzungsbedingungen anhand einer Auswahl von zwei- oder mehrdimensionalen technischen, hygienischen bzw. wirtschaftlichen Kenngrößen durchgeführt. Mit ihrer Hilfe konnten neben den bisherigen Entwicklungstrends die entwicklungsbestimmenden Einflussgrößen sowie deren Abhängigkeit untereinander bestimmt werden und es erfolgte eine Bewertung des Versorgungssystems in seinen verschiedenen Ausbauperioden bzw. Nutzungszeiträume und ein Vergleich mit anderen Systemen. Weiterhin konnten im Ergebnis einer komplexen Systemanalyse und -bewertung mit Hilfe des im Rahmen dieser Arbeit entwickelten „*Dynamischen System-Benchmarking*“ (DSB) auf der Grundlage bekannter Entwicklungstrends und Abhängigkeiten für konkrete Ausbau- und Nutzungsperioden Einschätzungen zur zukünftigen Entwicklung des Systems getroffen und systembezogene „Sollgrößen“ bzw. „Bestwerte“ definiert werden. Mit diesen „Sollgrößen“ bzw. „Bestwerten“ werden dem Betreiber bzw. Eigentümer von Wasserversorgungsanlagen Orientierungsgrößen bzw. Vergleichswerte für die Bewertung seines Versorgungssystems und für die Gestaltung des Systems bzw. der Nutzungsbedingungen gegeben.

Aus den über einen Zeitraum von 125 Jahren analysierten Veränderungen der Ausbau- und Nutzungsbedingungen der Erfurter Wasserversorgung und auf der Grundlage des heutigen Kostenniveaus wurden darüber hinaus allgemeingültige Planungshilfen zur näherungsweise Bestimmung der unter veränderten Bedingungen anzustrebenden Kapazitäten und Zielkosten abgeleitet. Die ggf. notwendigen Korrekturmaßnahmen mit dem Ziel der Verbesserung des Versorgungsniveaus werden so erkennbar.

Im Ergebnis einer umfassenden Untersuchung der altersabhängigen Zustandsveränderung der Hauptkomponenten des Erfurter Wasserrohrnetzes konnten auf der Grundlage der Schadens- und Altersstatistik Trendfunktionen der Schadensrate über das mittlere Alter der Komponenten aufgestellt werden. Mit Hilfe dieser Trendfunktionen und des eigens für diese Arbeit entwickelten Computer-Programmes „*HyperFitt-1*“ wurde für gewählte Rehabilitationsraten die Veränderung der Schadensraten simuliert und mit der Kostenrechnung verknüpft. Aus dem jeweils erreichbaren Niveau der Schadensraten, der Kosten und der Restlebensdauer konnte im Rahmen einer Abwägung von Versorgungssicherheit, Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit eine Strategie entworfen werden, die die Grundlage für eine nachhaltige Rohrnetzrehabilitation bildet. Auf der Grundlage dieser Strategie zugrunde liegenden Rehabilitationsraten wurden die Lebensdauer der Komponenten, das für die Rehabilitation benötigte Budget sowie technisch und wirtschaftlich begründete Eingriffsgrenzen (d.h. z.B. versorgungstechnisch und wirtschaftlich vertretbare Schadensraten) zur Bestimmung des Handlungsbedarfes definiert.

Trends, Benchmarks for the Rehabilitation and Assessment of Water Supply Systems - The Case of the Capital City of Erfurt

Abstract

During the phase of rehabilitation there is the rare chance to thoroughly optimize and re-conceive the infrastructure system, e.g. to adapt the capacities to the development of demand. It is general practice of today to put large effort into the design of new elements of infrastructure e.g. with respect to the calculation of required capacities and minimization of construction cost. On the contrary, the decision on when to replace or renovate a piece of infrastructure, and on the budget therefore required, quite often is not sufficiently considering aspects of economic viability, reliability of supply and sustainability. However, they show a large potential for reduction of costs and protection of resources. The extent and the timing of rehabilitation is not just a matter of priority lists, e.g. by applying a selection procedure. In the first place, decisions must be taken on the fundamental requirement to act, on the financial framework for rehabilitation and, the case being, on changes of previous practice.

The objective of this thesis was at first the evaluation of the development of the municipal water supply system under technological, hygienic and economic aspects from the beginning up to today, by an analysis of the water supply system of the city of Erfurt. This evaluation is basically an evaluation of the standard of the water supply system with respect to availability, quality and economic viability. Due to the decisive influence of the network condition on economic viability, safety and sustainability of water supply, the development of network condition, rehabilitation needs and resulting costs had to be analyzed in particular and potentials for system improvements had to be shown.

The first step was to analyse the water supply system under specific conditions of network configuration and usage on the basis of two- and more-dimensional technological, hygienic and economic variables. This had to be done to determine the level of supply and the need for network rehabilitation. With these variables, development trends and influencing factors and their interdependencies could be determined, so the supply system could be evaluated for different periods of network development and usage and compared with other systems. Furthermore, the results of this complex systems analysis and evaluation were integrated into the *"Dynamic System-Benchmarking" (DSB)* procedure which was developed in this Thesis. This allows assessing future system development and defining targets and benchmarks for the system. These targets and benchmarks give some orientation to the operator or owner of the water supply system for assessing and re-engineering the system and its operating conditions.

Based on the analysis of the changes that occurred over a period of 125 years in the network configuration and usage of the Erfurt water supply system, supplemented by with current cost levels, general planning instruments were derived for an approximate calculation of the capacities and costs which would be required under changing conditions. Thus corrective measures leading to an improvement of the level of supply are revealed.

As a result of a comprehensive analysis of the condition of the main components of the Erfurt water supply network over age, based on failure and age statistics, trend functions of failure rates could be derived over the average age of the network components. With these trend functions and the computer program *"HyperFitt-1"* which was developed in this work, the change of failure rates can be simulated for given rehabilitation rates and the corresponding costs can be calculated. From the reached level of failures, costs and remaining service life, after weighing safety of supply, economic viability and sustainability, a strategy could be designed which is the basis for a sustainable pipe network rehabilitation. Based on the rehabilitation rates of this strategy the service life of the components, the rehabilitation budget required and technological as well as economic thresholds (i.e. e.g. failure rates that are justifiable on technological and economic grounds) were defined to determine the need of actions.

Trends, Benchmarks für die Rehabilitation und Bewertung von Wasserversorgungssystemen, dargestellt am Beispiel der Landeshauptstadt Erfurt

Thesen

- Die wirtschaftlichen Zwänge, denen die Unternehmen ausgesetzt sind, führten und führen häufig zur Vernachlässigung der Rehabilitation des Anlagenbestandes. Die dadurch entstehenden wirtschaftlichen Schäden und Einschränkungen der technischen Sicherheit können in der Regel aufgrund fehlender Daten und der schwer überschaubaren Zusammenhänge zwischen der von der Nutzungsdauer abhängigen Veränderung technischer Systeme und den dadurch bedingten Kostenveränderungen nicht ausreichend quantifiziert werden oder bleiben unbekannt.
- Die Überalterung des Anlagenbestandes ist eines der größten unternehmerischen Risiken, denn sie bedeutet Substanzverzehr und damit Verzehr der Grundlage für die Geschäftstätigkeit sowie für eine sichere und nachhaltige Versorgung. Auch in der Wasserversorgung sind zur Gewährleistung der Nachhaltigkeit und Sicherheit der Versorgung langfristige Rehabilitationsstrategien erforderlich, die sowohl den Anforderungen der Wirtschaftlichkeit, der Versorgungssicherheit (technische Sicherheit) als auch der Nachhaltigkeit gerecht werden.
- Die Rehabilitationsphase bietet die seltene Chance der Optimierung und Neukonzipierung von Infrastruktursystemen unter Berücksichtigung der sich verändernden technischen und wirtschaftlichen Randbedingungen (z.B. Einwohnerentwicklung, Entwicklung der Kommunen und des Verbrauchsverhaltens der Kunden). Die Anpassung der Infrastruktursysteme an sich verändernde Ausbau- und Nutzungsbedingungen ist eine weitere wesentliche Zielstellung bei der Rehabilitationsplanung.
- Das Schätzen der Lebensdauer (Nutzungsdauer) für einzelne Komponenten von Infrastruktursystemen ist heute noch verbreitete Praxis. Diese Methode ist jedoch subjektiv geprägt und wird den Anforderungen an eine Bewertung hinsichtlich der Entwicklung der Wirtschaftlichkeit und Versorgungssicherheit und den Möglichkeiten, die sich aus der Schadens-, Kosten- und Altersstatistik ergeben, nicht gerecht.
- Die Notwendigkeit, der Umfang und der Zeitpunkt der Rehabilitation lassen sich nicht allein durch das Aufstellen von Prioritätenlisten z. B. durch Anwendung von Auswahlverfahren bestimmen, sondern es sind zunächst Entscheidungen über den grundsätzlichen Handlungsbedarf, den finanziellen Rahmen der Rehabilitation und ggf. auch über notwendige Veränderungen zu treffen. Darüber hinaus sind der Zustand aller Elemente eines Infrastruktursystems (z. B. Rohrnetzkomponenten) sowie gegebenenfalls besondere Einfluss- und Nutzungsbedingungen zu erfassen und technische und wirtschaftliche Eingriffsgrenzen für die Rehabilitation zu definieren.
- Die Auswahl einer Rehabilitationsstrategie kann daher nur im Rahmen einer Abwägung hinsichtlich der langfristigen Entwicklung der Wirtschaftlichkeit, der Versorgungssicherheit und der Nachhaltigkeit, die z. B. bei Realisierung einer bestimmten Rehabilitationsrate erreicht wird, erfolgen. Eine Entscheidung aus reinen wirtschaftlichen Gesichtspunkten ist hierzu nicht geeignet.
- Mit Hilfe des im Rahmen der vorgelegten Arbeit erstmals eingesetzten Computer-Programmes „HyperFitt-1“ kann für verschiedene Rehabilitationsstrategien die Veränderung der Schadensraten, der aus der Rehabilitation resultierenden Kosten sowie der Restlebensdauer prognostiziert werden. Im Ergebnis einer Abwägung hinsichtlich der Entwicklung der Versorgungssicherheit, der Wirtschaftlichkeit und der Nachhaltigkeit kann im nächsten Schritt die optimale Rehabilitationsrate und aus dieser wiederum die Lebensdauer der Anlagen sowie das erforderliche Budget für die Rehabilitation ermittelt werden.
- Die im Rahmen der Rehabilitationsplanung anzustrebende günstige Ausgestaltung des Versorgungssystems kann mit Hilfe des entwickelten systembezogenen „Dynamischen System-Benchmarking“ (DSB) auf der Grundlage einer auf das System zugeschnittenen Bewertungsmatrix unter Berücksichtigung der technischen, hygienischen und ökonomischen Kriterien abgeleitet werden. Die bereitgestellten Planungshilfen ermöglichen die näherungsweise Bestimmung der anzustrebenden Kapazitäten und Zielkosten in Abhängigkeit von sich verändernden Ausbau- und Nutzungsbedingungen. Auf der Grundlage der Bewertungsmatrix lässt sich weiterhin das Versorgungsniveau (Verfügbarkeit, Qualität und Wirtschaftlichkeit) der Wasserversorgung ermitteln.

Trends, Benchmarks for the Rehabilitation and Assessment of Water Supply Systems - The Case of the Capital City of Erfurt

Theses

- Economic restraints which utility companies are exposed to often lead to neglecting the rehabilitation of their assets. The economic damage and the reduction in technological reliability caused hereby, in general, cannot be sufficiently quantified or remain unknown due to the lack of data and the difficulties in understanding the relation between the changes of technological systems during the ageing process and the consequences on maintenance and operating costs.
- Over-aged assets are one of the greatest management risks because they imply a loss in substance and, thereby, a diminution of the basis for business as well as for safe and sustainable supply. Long-term rehabilitation strategies are needed to guarantee a sustainable and reliable water supply. They should satisfy the requirements of economic viability, technological reliability as well as sustainability.
- The phase of rehabilitation offers the rare chance for an optimisation and re-conception of infrastructure systems accounting for changes of the technological and economic environment such as service population, consumption behaviour and municipal development. Adapting the infrastructure system to the changing conditions of network expansion and usage is another important objective of rehabilitation planning.
- Assessing the service life of infrastructure system components still is common practice today. However this is a subjective method which does not satisfy the evaluation requirements with respect to the effects on economic viability and technological reliability and, furthermore, does not take advantage of the information available in failure, cost and age statistics.
- Need, extent and timing of rehabilitation cannot just be determined by setting up priority lists, e.g. by applying selection procedures. Decisions must be made before on the fundamental requirement to act, on the financial framework for rehabilitation and on changes of previous practice if necessary. Furthermore, an inventory has to be taken on the state of all infrastructure elements (network components), special factors of influence and conditions of usage have to be surveyed and technological as well as economic rehabilitation thresholds defined.
- A rehabilitation strategy must be chosen by weighing the long-term effects on the economic viability, technological reliability and sustainability achieved, for example by a specific rehabilitation rate. A decision that is based solely on economic grounds is not sufficient.
- With the computer program „*HyperFitt-1*“, which was developed for and applied in this work for the first time, the change of failure rates resulting from different rehabilitation strategies, forecasts can be generated for the rehabilitation costs and residual network service lives. After weighing the effects on technological reliability, economic viability and sustainability, in a subsequent step, the optimal rehabilitation rate can be determined and the service life of the assets and the required rehabilitation budget can be derived.
- The most favourable re-design of the water supply system to be achieved in the course of rehabilitation planning is derived within the framework of the newly developed „*Dynamic System-Benchmarking*“ (DSB), which is based on system specific evaluation matrix accounting for technological, hygienic and economic criteria. This planning support tools allows to approximately determine the target capacities and costs as a function of changing network expansion and usage conditions. The corresponding level of water supply (availability, quality and viability) can be determined by referring to this evaluation matrix.