Sanierung der Wasserversorgung im Palmengarten Frankfurt: Eine Zwischenbilanz

Im Wasserleitungsnetz des 20 ha großen historischen Palmengartens in Frankfurt nahmen Wasserverluste und Rohrbrüche zu. Unter der Planung und Leitung des Ingenieurbüros Ohlsen werden bis 2021 bei laufendem Betrieb in acht Bauabschnitten rund 7 km Wasserleitungen überwiegend grabenlos saniert. Der erste Abschnitt wurde im Mai 2017 abgeschlossen, der zweite beginnt im November. Parallel zu den Tiefbauarbeiten wird eine automatische Bewässerung für Teilbereiche installiert.

Abb. 1 – Historisches Schauhaus des Palmengartens am Eingang Siesmayerstraße mit Rohrgraben und Anschlussleitung zu Gartenhydranten

Abb.: Otfried Heineck / Ingenieurbüro Ohlsen GmbH

Der Palmengarten in Frankfurt am Main zählt zu den renommiertesten botanischen Gärten der Welt. Begonnen hatte alles anno 1868 mit einer Bürgerinitiative: Auf Anstoß des Gärtners und Gartenarchitekten Heinrich Siesmayer kauften Frankfurter Bürger die wertvollen Pflanzensammlungen des Herzogs Adolph von Nassau und holten sie von Wiesbaden nach Frankfurt.

Heute bietet der Palmengarten auf einem 20 ha großen Gelände eine Parkanlage mit prächtigen Bäumen, Wiesen und Beeten. In Themengärten und Schauhäusern wie dem historischen Palmenhaus oder dem Tropicarium gedeihen Pflanzen aus allen Vegetationszonen der Erde vom tropischen Regenwald bis zur Subantarktis. Der Frankfurter Palmengarten zählt damit zu den zehn artenreichsten botanischen Gärten der Welt.

Unter dem Motto „Pflanzen.Leben.Kultur." zieht der Palmengarten nicht nur Pflanzenliebhaber, Wissenschaftler und „Stadturlauber" an, sondern auch Kunst- und Kulturfreunde: Er bietet Konzerte, Opern, Ausstellungen bildender Künstler, Lesungen und Vorträge sowie weitere Veranstaltungen unterschiedlichster Art. Der Palmengarten ist täglich geöffnet und zählt jährlich rund 600.000 Besucher.

Zeit seiner Geschichte wurden Außenanlagen, Gewächshäuser und weitere Gebäude des Palmengartens erweitert, um- und ausgebaut. Das Gesellschaftshaus mit dem Palmenhaus wurde ab 1869 zum Treffpunkt des Frankfurter Bürgertums. Der große Festsaal, von 2007 bis 2012 von David Chipperfield aufwendig saniert, bietet einen einzigartigen Blick in den Dschungel des Palmenhauses.

Wie der oberirdische Palmengarten wuchs auch die unterirdische Infrastruktur. Erste Leitungen wurden bereits in der Gründungsphase verlegt und Dampf-, Wasser- sowie Entwässerungsleitungen ständig erweitert. Rudimente dieser Leitungen existieren noch, da jeglicher Rückbau im Konflikt mit der Vegetation steht.

Erste umfassende Sanierung

In den 1980er-Jahren wurden alte Gewächshäuser saniert und neue Schauhäuser gebaut, darunter das Tropicarium und das Subantarktishaus. In dieser Zeit wurden auch die Wasserleitungen im Palmengarten erstmals umfassend saniert und angepasst sowie Gasleitungen zur Beheizung der Schauhäuser verlegt. Eine neue Trink- und eine Eigenwasserringleitung wurden in offener Bauweise unter starker Beeinträchtigung der Besucherströme errichtet.

Heute hat der Palmengarten zwei parallele Wasserversorgungsnetze von je rund 3.500 Meter Länge: Das Trinkwassernetz ist über drei Einbindepunkte direkt an das städtische Trinkwassernetz angeschlossen. Es dient der Trinkwasserversorgung der Gebäude und der Löschwasserversorgung. In den Wintermonaten werden auch die Außenanlagen über dieses Netz gewässert. Das zweite Netz ist ein Eigenwassernetz, das zu 10 % aus einem zentral gelegenen Tiefbrunnen und zu 90 % aus dem Trinkwassernetz gespeist wird. Das Eigenwassernetz kann im – kurzen – Frankfurter Winter nicht genutzt werden, da die Gartenhydranten nicht in frostsicherer Tiefe verlegt wurden. Im Allgemeinen wird das Netz von November bis Februar außer Betrieb genommen.

Das ursprüngliche Wasserleitungsnetz bestand, wie damals üblich, aus Gussrohren. Bei der Neuanlage der Wasserversorgung setzte man nun auf PVC-Rohre mit geklebten Muffen. Das nachgeordnete Verteilernetz der Gartenhydranten besteht überwiegend aus PE-Leitungen.

Die Hydraulik dieses Netzes funktioniert bis heute, doch im Laufe der Jahre nahmen die Wasserverluste kontinuierlich zu und auch die Zahl der Rohrbrüche stieg.

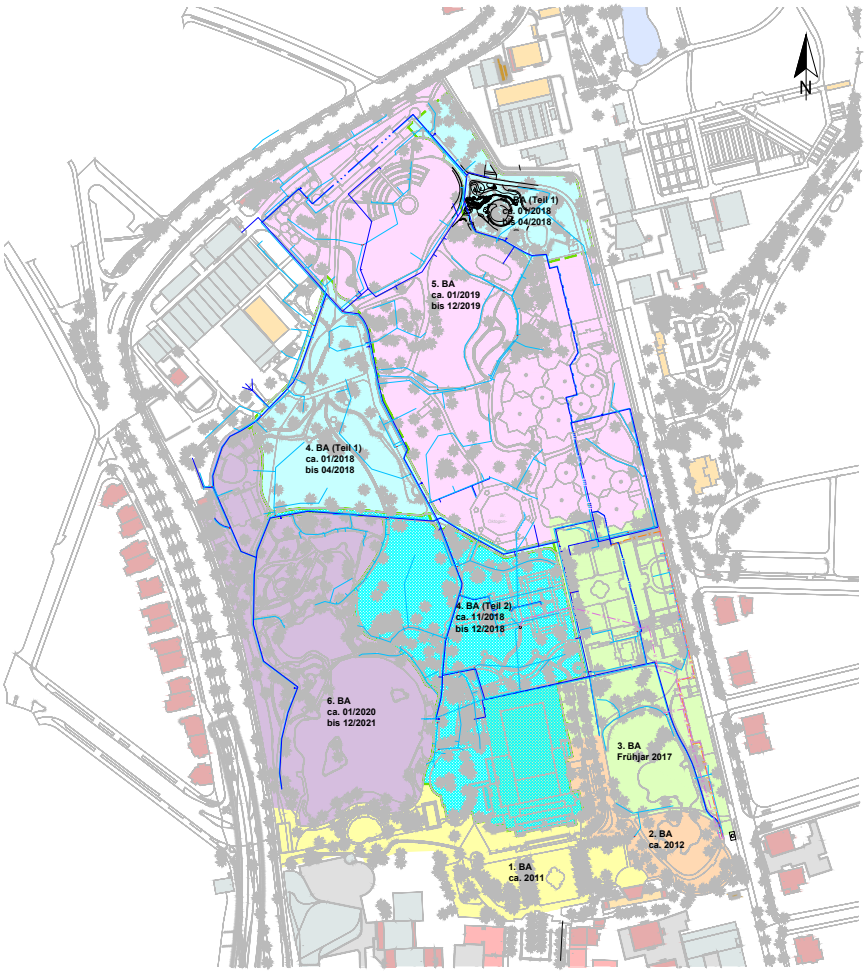

Abb. 2 – Bauabschnitte im Entwurf des Übersichtsplans „Wasser“

Ursache waren undichte Rohrverbindungen: Der Kleber an den Muffen löst sich alterungsbedingt auf.

Wasserverluste

Um die Ursachen für die teuren Wasserverluste zu beheben, gab die Stadt Frankfurt 2011 eine Untersuchung zur Sanierung der Wasserversorgung in Auftrag. Dabei wurden die Wasserverluste sowie der prognostizierte und der tatsächliche Wasserverbrauch ermittelt. Der Wasserverlust betrug zu diesem Zeitpunkt mehr als 200 m³ pro Tag und verursachte – grob geschätzt – Kosten von jährlich rund 150.000 Euro. Zudem wurde berechnet, ob eine Versorgung mit zwei parallel zu betreibenden Netzen oder eine Versorgung mit nur einem Trinkwassernetz wirtschaftlicher sei. Das Ergebnis zeigte nur einen geringen Preisvorteil für ein einziges Trinkwassernetz.

Im Jahr 2012 entschied die Stadt Frankfurt als Eigentümerin des Palmengartens, die gesamte Wasserversorgung sanieren zu lassen. Für eine höhere Flexibilität und sicherere Versorgung sollte das Eigenwassernetz erhalten werden. Auch unvorhersehbare Folgekosten durch Änderung des Systems sollten ausgeschlossen werden. Zwei erste Bauabschnitte im Süden des Geländes waren bereits mit dem Gesellschaftshaus in den Jahren 2011 und 2012 saniert worden.

2015 wurde das Projekt nach GPA ausgeschrieben und der Auftrag für LPH 3 und LPH 5-9 an das Ingenieurbüro Ohlsen (IBO) aus dem mittelhessischen Grünberg ver-

» Wo die grabenlose Verlegung nicht möglich ist, werden die Wurzeln mit einem Saugbagger und in Handarbeit freigelegt und anschließend im offenen Rohrgraben feucht gehalten. «

Abb. 3 – Schieberkreuz mit Strom- und alten Wasserleitungen sowie Neuinstallationen

geben. Auf dieser Basis werden seit Frühjahr 2017 bis Frühjahr 2021 in insgesamt sechs weiteren Bauabschnitten und Teilabschnitten:

- die beiden Leitungsnetze mit insgesamt sieben Kilometer Länge erneuert und der Verlauf optimiert,
- die Brunnenleitung vom Tiefbrunnen zur Druckerhöhungsstation erneuert,
- das Abwassernetz um rund 500 Meter Kanal erweitert,
- eine automatische Bewässerung für ausgewählte Bereiche installiert,
- eine Wasserenthärtungsstation eingerichtet und ein separates Wasserleitungsnetz für ausgewählte Bepflanzungen gebaut.
- 20 zusätzliche Medienstationen zur Wasser-, Abwasser und Elektroversorgung errichtet sowie die Starkstrom-Elektroverkabelung für diese Stationen verlegt,
- die Wegebeleuchtung aus den 1980er-Jahren durch neue Leuchten mit sparsamer LED-Technik getauscht.

Die Abwasserleitungen des Palmengartens liegen rund 2 m, die Wasserleitungen rund 1,5 m tief; beide verlaufen überwiegend außerhalb der Vegetationsflächen. Die Leitungen für die Bewässerung verlaufen unterhalb der Grünflächen in einer Tiefe von maximal 50 cm.

Das Ringleitungsnetz wird auf Basis der vorliegenden Bestandsunterlagen und der Bedarfsplanung optimiert. Die äußeren Anschlusspunkte werden nicht verändert. Innerhalb des Palmengartens werden die vorhandenen Gartenhydranten für die Trinkwasserleitung genutzt. Die Leitungen in den Häusern wurden in den letzten Jahren saniert oder werden mit der Gebäudetechnik demnächst modernisiert; hier werden Anschlüsse geschaffen, die Alt- und Neubestand integrieren.

Auf Basis der Trassenhauptpunkte und Zwangspunkte erstellte das IBO einen Bauablaufplan, der nach jedem fertiggestellten Bauabschnitt ein funktionierendes Netz sicherte.

Das planende Ingenieurbüro Ohlsen arbeitet im Palmengarten mit spezialisierten Partnern zusammen. Für die Planung der Bewässerungsanlagen engagierte das IBO die Spezialisten von WUS Architektur, Stuttgart. Das ausführende Bauunternehmen ist die Joh. Wachenfeld GmbH & Co. KG aus Korbach.

Sieben Herausforderungen

Die Arbeit im Palmengarten birgt diverse ungewöhnliche planerische und technische Herausforderungen:

1. Unterschiedliche Interessen

Die Interessen sind so unterschiedlich wie in einem Theater: Die Hauptdarsteller – also die Pflanzen – und die „Gartenregisseure“ haben andere Ansprüche als die Besucher, die Techniker, die Betreiber der Restaurationsbetriebe oder die kaufmännische Leitung. Um die „floralen Stars“, insbesondere alte und tiefwurzelnde Bäume zu schützen, wurde entschieden, die neuen Rohre möglichst grabenlos zu verlegen. Im dritten Bauabschnitt war dies bei gut 50 Prozent der Leitungen möglich. Von dieser Quote geht das IBO auch für die folgenden Bauabschnitte aus.

2. Erneuerung bei laufendem Betrieb

Wohl liegen die Besucherzahlen in den Wintermonaten niedriger als im Sommer, doch der Palmengarten wird 365 Tage im Jahr auch von größeren Gruppen besucht. Rund ums Jahr finden diverse Sonderschauen und Events statt. Die Veranstaltungsräume werden ganzjährig auch von externen Nutzern angemietet. Weil die Bewässerung der Gewächshäuser sowie die Lösch- und Trinkwasserversorgung sichergestellt sein müssen, können die Wasser- und Abwasserleitungen nie völlig aus dem Betrieb genommen werden. Auch dies ist ein Grund, die alten Leitungen nicht zu ersetzen, sondern eine neue Trasse zu legen.

3. Kurze Zeitfenster und Einsatzphasen

Zwischen April und Oktober hat der Palmengarten die meisten Besucher, Veranstaltungen, Ausstellungen und Themenwochen. Deshalb lässt die Leitung des Palmengartens in diesen Monaten keine größeren Bauarbeiten zu. So müssen die einzelnen Bauabschnitte jeweils in den Monaten November bis März begonnen und abgeschlossen werden. Im Dezember und Januar besuchen mehrere zehntausend Menschen die jährliche Ausstellung „Winterlichter“. Weil Lichtrouten,

Abb. 4 – Startgrube für die gleichzeitige Verlegung von Trinkwasserleitung, Eigenwasserleitung und Brunnenleitung im Horizontalspülbohrverfahren

Abb. 5 – Zielgrube der gleichen drei Leitungen in 120 Meter Entfernung mit flacherem Ausgang

Flucht- und Rettungswege gesichert sein müssen, kann auch in diesen Zeitraum nur sehr eingeschränkt gearbeitet werden.

4. Logistik ohne Abstellflächen

Die Wege sind schmal, an den Rändern und auf den angrenzenden Grünflächen darf kein Material gelagert werden. Gleichzeitig müssen alle Bauarbeiten auf kleinste Bereiche begrenzt werden: Das macht die parallele Ausführung sämtlicher Sanierungsarbeiten und Nebenleistungen – Erneuerung Leitungsnetz, Ergänzung Kanalnetz, Errichtung zusätzlicher Medienstationen inkl. Elektroverkabelung, Wegebeleuchtung, Installation automatischer Bewässerung – zu einer logistischen Herausforderung.

5. Tiefbau unter Palmen

Herausforderung „Tiefbau unter Palmen“: Immer wieder berührt der Leitungsverlauf den Wurzelbereich von Bäumen. Zwar kann auch ein Bohrkopf Baumwurzeln beschädigen, doch ist die Gefahr bei der grabenlosen Verlegung geringer. Wo diese nicht möglich ist, werden die Wurzeln mit einem Saugbagger und in Handarbeit freigelegt und anschließend im offenen Rohrgraben feucht gehalten. Vor und bei allen Arbeiten werden Gärtner des Palmengartens sowie eine externe Baumkontrolle hinzugezogen. Das Verfüllen der Gräben wird von Gärtnern beaufsichtigt: Die Wurzeln werden mit Baumsubstrat abgedeckt; Wurzelsperren aus Kunststoffbahnen verhindern, dass die Wurzeln in den neuen Rohrgraben hineinwachsen.

Abb. 6 – Saugbagger beim vorsichtigen Freilegen von Wurzeln; neben dem Saugbagger war hier Handarbeit gefragt. Die Wurzeln im offenen Rohrgraben mussten anschließend feucht gehalten werden.

Abb. 7 – Abweichung bei der Trassenoptimierung: Alte Wasserleitungen, Leerrohre und neue Leitungsrohre (blau) im Schulgarten

6. Rückbau Altmaterial

Das Entfernen von alten Rohren und Kanälen ist nahezu unmöglich, ohne die sensible Vegetation empfindlich zu stören oder gar zu zerstören. Obwohl das Altmaterial die Bauarbeiten immer wieder behindert: Um die Pflanzen zu schützen, wurde entschieden, die alten Rohre im Boden zu lassen und die neuen Rohre parallel zu diesen Leitungen zu verlegen – soweit der Verlauf nicht optimiert und geändert wurde.

7. Dokumentation

Der ursprüngliche Leitungsverlauf wurde, wie um die Jahrhundertwende üblich, akribisch dokumentiert. So exakt die mehr als 100 Jahre alten, handgezeichneten Pläne sind, so mangelhaft wurden spätere Eingriffe in die Wasserversorgung und -entsorgung aufgezeichnet. Das ist zwar kein Einzelfall, macht aber Bauarbeiten schwierig, wenn alle nicht-gärtnerischen Eingriffe aus biologischen und ästhetischen Gründen vermieden werden sollen. Die jetzt bei den Arbeiten auftauchenden Relikte – etwa Gussrohrleitungen – werden exakt dokumentiert. Alle Stücke werden mit alten Plänen und Fotos abgeglichen, um ihre Herkunft zu analysieren und ihre Bedeutung einzuschätzen. Ziel ist es, ein Gesamtmodell des Palmengartens zu schaffen, das nicht nur die neu verlegten Leitungen enthält, sondern auch die tatsächlich vorhandenen älteren Leitungen und Anlagen.

Umsetzung 3. Bauabschnitt

Der 3. Bauabschnitt dauerte von Januar bis April 2017. Er umfasste 520 m Wasserleitungen im Trinkwassernetz, 520 m Wasserleitungen im Eigenwassernetz, 320 m Brunnenleitungen sowie 200 m Abwasserleitungen, drei neue Medienstationen und 32 Lampen.

Für die Wasserleitungen wurden PE 100-RC Rohre der Druckstufe SDR17, OD 90 bis OD 140 verlegt, die Rohrverbindungen heizwendelgeschweißt. Als Material für die Formstücke und Armaturen wurde duktiles Gusseisen gewählt. Die DN200-Abwasserleitungen, die an den neuen Medienstationen verlegt wurden, um bei Bedarf mobile Toilettenwagen anzuschließen, bestehen aus Steinzeug.

Die neuen Rohre wurden per Horizontalspülbohrverfahren verlegt. So konnten Rohrbündel mit bis zu drei Rohren (Eigenwasser-, Trinkwasser-, Brunnenleitung) und bis zu 120 m Länge eingezogen werden. Wie geplant, konnten gut 50 % der Leitungen grabenlos verlegt werden. Zwar blieben die Bohrer einige Male stecken, weil sie überraschend auf Altmaterial trafen. Im Allgemeinen reichte hier aber eine geringe Höhenkorrektur aus, um das Hindernis zu umgehen. Knapp 50 % der Leitungslänge musste im offenen Rohrgraben verlegt werden: Das betraf vor allem Gebäudeanschlüsse sowie Stellen, an denen gleichzeitig ein Kanalrohr mitverlegt wurde.

Auch größere Hindernisse, wie ehemalige Versorgungsstollen im Boden oder ungenaue Dokumentationen des Leitungsverlaufes, erforderten eine offene Verlegung. Hier wirkte sich die gemeinsame Entscheidung für die Errichtung eines vom Bestand losgelösten neuen Netzes positiv aus: Die vorhandenen Leitungsverläufe mussten nicht zwingend nachgeführt werden. Die Verknüpfung mit den Einbindepunkten der nachgeordneten Bewässerung bzw. den Anschlussleitungen der Gartenhydranten machte die Bauarbeiten zur Detektivarbeit: Die meisten Kappen der Anschlussschieber waren im Laufe der Jahre zugewachsen, wurden überdeckt oder sind nicht mehr vorhanden. Mit Fahndungsgespür konnten Ingenieure und Bauunternehmen die bisherigen Anbindungen aufdecken und auf die neuen Leitungen umklemmen – so waren im sensiblen Gelände nur wenige Suchschachtungen nötig.

Abb. 8 – Maueruntergquerung für eine Anschlussleitung

Das Eigenwassernetz war während der Bauarbeiten im Winter außer Betrieb, sodass Einbindungen und Umklemmarbeiten des nachgeordneten Netzes problemlos möglich waren. Anders als das Eigenwassernetz musste das Trinkwassernetz während der gesamten Bauzeit in Betrieb bleiben, um die Bewässerung der Gewächshäuser sowie die Lösch- und Trinkwasserversorgung sicherzustellen. Deshalb wurden die Leitungen zunächst unabhängig vom vorhandenen Netz verlegt. Anschließend wurden sie in das vorhandene Ringleitungsnetz eingebunden. Hierfür konnten kurze Unterbrechungen in der Trinkwasserversorgung nicht vermieden werden.

Die Medienstationen bestehen aus einer Säule mit Stromanschlüssen und einem Trinkwasseranschluss. Neben den Säulen werden Abwasseranschlüsse in den Boden eingelassen. So können bei Veranstaltungen Getränkewagen und Sanitärcontainer versorgt werden, ohne lange Wege überbrücken und Gehwege mit Leitungsbrücken queren zu müssen.

Bewässerung

Die Pflanzen im Rhododendrongarten, Heidegarten und Steingarten benötigen weiches Wasser mit rund 6 °dH. Das Trinkwasser in Frankfurt weist Werte zwischen 15 bis 25 °dH auf und eignet sich nicht, um diese Gärten zu bewässern. 2019 wird eine Enthärtungsanlage eingerichtet, die mit Trinkwasser gespeist und anschließend über ein separates Wasserleitungsnetz in die Gärten geleitet wird. Bei extrem hohem Wasserbedarf kann das enthärtete Trinkwasser zeitweise wieder mit normalem Trinkwasser verschnitten werden, ohne die Pflanzen zu schädigen.

Eine automatische Bewässerung sichert künftig die optimale Versorgung der einzelnen Beete, Grünflächen und Bäume. Bisher werden rund 200 Gartenhydranten von den Reviergärtnern zum händischen Bewässern genutzt. Dazu werden Standrohre auf die Hydranten gesteckt und über Schlauchleitungen mit Spritzen, Brausen oder Regnern bewässert. Diese sehr arbeitsintensive Methode bindet Mitarbeiter und erhöht zudem den Wasserverbrauch, weil nicht die verdunstungsarme Nachtzeit zum Bewässern genutzt werden kann.

Mit einer automatischen Bewässerung entfällt der manuelle Auf- und Abbau der Bewässerungseinrichtung. Die einzelnen Beete werden getrennt voneinander angesteuert und je nach Witterung und Wasserbedarf bewässert. Dies kann entweder manuell geschehen oder automatisch über Sensoren und entsprechende Programme. Geplant sind drei Bewässerungsarten:

- Tröpfchenbewässerung für Buschbewuchsflächen. Hierbei werden individuell perforierte Schläuche auf der Vegetationsfläche verlegt, die exakte Wassermengen tröpfchenweise abgeben.
- Regner, die das Wasser radial oder in Streifen auf offenen Gärten und Rasenflächen verteilen. Sie werden dauerhaft und unsichtbar im Boden eingelassen und fahren bei Bedarf aus.
- Sprühdüsen liegen oberhalb bestimmter Pflanzen und erzeugen Nebel, der auf diese niedersinkt.

Für die automatische Bewässerung wurden die Beete und Gärten in Felder mit ähnlichen Ansprüchen unterteilt. Jedes Feld erhält eine dezentrale Steuerung und einen Anbindepunkt mit Übergabeschacht an die Ringleitung. Jedes Steuergerät kann über ein automatisches Programm oder manuell bedient werden. Innerhalb eines Feldes sind weitere Untergliederungen möglich, sodass jede Pflanze optimal versorgt werden kann.

Aussichten

Im Januar 2018 beginnt der erste Teil des vierten Bauabschnitts, in dem insgesamt rund 2.400 m Leitungen neu verlegt werden. Diese werden den sogenannten Hauptweg betreffen. Auf dieser „Lebensader der Betriebstechnik“ fahren auch größere Fahrzeuge durch den Park. Eine Sperrung dieses Weges würde viele Unterhaltungsarbeiten unmöglich machen und kommt deshalb zu keinem Zeitpunkt infrage.

Autor

Frank Lanfermann
Ingenieurbüro Ohlsen GmbH
Eiserne Hand 13
35305 Grünberg
Tel.: 06401 22320-21
f.lanfermann@ibohlsen.de
www.ibohlsen.de