

Nutzung von Mischwassersystemen als Zwischenlösung: Eine Fallstudie aus Brasilien

Mariana L. R. Goncalves^{1,2}, Manfred Kleidorfer², Wolfgang Rauch²

¹⁾ CAPES Foundation, Bildungsministerium Brasília - DF, Brasilien.

²⁾ Arbeitsbereich für Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck

Kurzfassung

Als Entwicklungsland muss Brasilien sich noch mit mangelnder Abwasserentsorgung befassen. Zwar haben 94% der brasilianischen Städte Regenwassersysteme, jedoch nur in 55% finden sich Abwassersysteme. Das langfristige Ziel besteht in der Implementierung einer flächendeckenden Abwasserentsorgung und Abwasserreinigung. In dieser Arbeit werden die Kosten für die Umsetzung dieses Ziels im Sinne einer kurz- bis mittelfristigen Zwischenlösung geschätzt. Die Zwischenlösung beruht darauf, dass die bestehenden Regenwassersysteme als Mischsysteme genutzt werden und damit einen höheren Grad an Abwasserentsorgung ermöglichen. Eine Fallstudie wurde mit Daten von der Stadt Joinville-SC analysiert. Dabei wurden zwei Alternativen untersucht, erstens die direkte Implementierung eines Trennsystems und zweitens die Umwandlung in ein Mischsystem als Zwischenlösung. Die Ergebnisse zeigen, dass die Alternative mit Zwischenlösung finanziell attraktiver als die traditionelle Lösung sein kann.

1 Einführung

Grundsätzlich gibt es zwei Arten von Entwässerungssystemen: Mischwassersysteme und Trennsysteme. Mischwassersysteme leiten Schmutzwasser und Regenwasser zusammen in denselben Rohren ab. Hingegen bei Trennsystemen wird Schmutzwasser und Regenwasser in verschiedenen Rohren transportiert (Butler & Davies, 2004). Da Brasilien ein Land mit tropischem Klima ist, sind die Niederschlagsintensitäten höher als in Europa oder Nordamerika. Seit Anfang des 20. Jahrhunderts wird daher empfohlen, Trennsysteme in brasilianischen Städten zu implementieren. Allerdings ist durch das unkontrollierte Wachstum der Städte, zusammen mit dem

Mangel an finanziellen Ressourcen in den meisten Fällen die Umsetzung von Trennsystemen in naher Zukunft unrealistisch (Bernardes & Soares, 2004).

1.1 Aktuelle Situation

Nach offiziellen Angaben haben 55,2% der brasilianischen Gemeinden eine Abwasserkanalisation, jedoch nur etwa die Hälfte davon (28,5% der Gesamtzahl) behandeln das gesammelte Abwasser (IBGE, 2010). Da die Präfekturen nicht immer genügend finanzielle Mittel haben, um sowohl Abwasser als auch Regenwassersysteme getrennt zu implementieren, ist es üblich zunächst Regenwassersysteme für den Überflutungsschutz zu bauen. Wenn in einem Gebiet keine Abwassersysteme vorhanden sind, müssten private Haushalte eigene Klärgruben errichten, was allerdings oft nicht flächendeckend umgesetzt wird. Obwohl einige Haushalte dieses System haben, gibt es meist keine Wartung, wodurch ihre Anwendung nach einigen Jahren nutzlos wird. Das Abwasser, welches eigentlich nach Durchlaufen der Klärgrube partiell gereinigt werden sollte, fließt dann unbehandelt in das Regenwassersystem und von dort direkt in die Flüsse, Seen oder in das Meer - im Trockenwetterfall als Schmutzwasser und im Regenwetterfall als Mischwasser. Dies verursacht Umweltschäden und beeinträchtigt die Lebensqualität der Bevölkerung (Tucci, 2002).

1.2 Zwischenlösung

Die Kosten, um Trennsysteme flächendeckend in Gebieten zu implementieren, in denen es noch keine Abwasserbehandlung gibt, sind sehr hoch. Als Alternative zur Verbesserung der kurz- und mittelfristigen Sanitärversorgung mit einer Senkung der unmittelbaren Anschaffungskosten ist eine Zwischenlösung möglich. Es wird empfohlen, das vorhandene Regenwassersystem, welches auch Abwasser transportiert, in ein temporäres Mischwassersystem umzuwandeln. Hierfür sind zusätzliche Elemente wie Überlaufbauwerke, Wehre, Pumpen und Abwassersammler notwendig. Mit dieser Zwischenlösung würden die Städte nicht nur die Wasserqualität in den Gewässern schnell verbessern, sondern auch dazu beitragen (künftige) Trennsysteme durch die Einhebung von Abwassergebühren zu finanzieren.

2 Material und Methoden

Das untersuchte Gebiet ist ein Stadtteil von Joinville, einer Stadt im Süden Brasiliens im Bundesstaat Santa Catarina. Dieses Gebiet verfügt über insgesamt 42 km Straßen, wobei 70% davon gepflastert sind (IPPUJ, 2013a). Der Stadtteil hat kein Abwassersystem, deshalb wird das Abwasser zusammen mit Regenwasser direkt in den nahe gelegenen Fluss geleitet. Alle bestehenden Informationen zur Regenwasserkanalisationen, topografische und bodenkundliche Karten sowie Landnutzung wurden von der Präfektur von Joinville für diese Studie zur Verfügung gestellt.

2.1 Variantenuntersuchung

Mit Hilfe einer Software zur hydrodynamischen Modellierung von Entwässerungsnetzen PCSWMM (CHIWATER) und dem geografischen Informationssystem ArcGIS (ESRI) wurden drei verschiedene Modelle für unterschiedliche Zustände entwickelt:

- Alternative 1: Errichtung eines völlig neuen Schmutzwassersystems zusätzlich zum bestehenden Regenwassersystem für das Gebiet;
- Alternative 2 - Teil 1: Umwandlung der bestehenden Regenwasserkanalisation in ein Mischwassersystem als Zwischenlösung (Abbildung 1);
- Alternative 2 - Teil 2: Eine Komplementierung der Zwischenlösung aus Teil 1 mit einer Umwandlung in ein Trennsystem bestehend aus getrennten Schmutz- und Regenwassersystemen im Jahr 2030.

Zunächst wurde ein hydrodynamisches Modell des bestehenden Entwässerungssystems auf der Basis der verfügbaren Informationen über den tatsächlichen Zustand erstellt. Für die Alternative 1 wurde ein Schmutzwassersystem (als Teil des Trennsystems) für den gesamten Bereich ausgelegt. Für die Alternative 2 - Teil 1, wurden Überlaufbauwerke in die vorhandene Entwässerung hinzugefügt und Sammler zur Kläranlage mit dem bestehenden System verbunden. Letztendlich wurde für Alternative 2 - Teil 2 die Zwischenlösung in ein Trennsystem übergeführt, indem wiederum ein Schmutzwassersystem dimensioniert und an die Abwassersammler aus Teil 1 angeschlossen wurde.

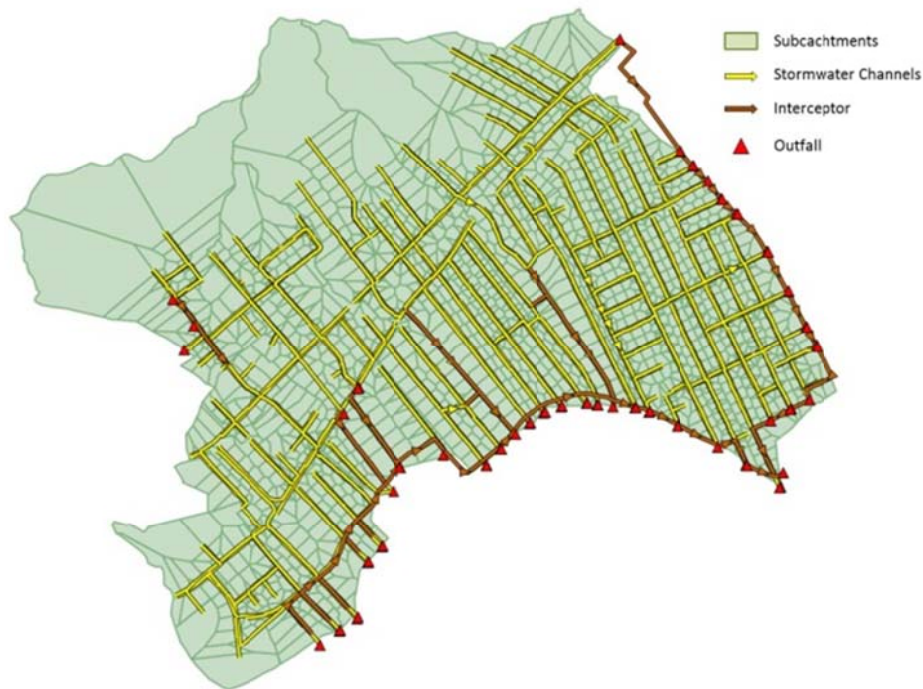


Abb. 1: Schema von Alternative 2- Teil1

2.2 Dimensionierung und Kostenschätzung

Die Bevölkerungsprognose wurde mittels linearem Wachstum bis zum Jahr 2045 geschätzt (von Sperling & Chernicharo, 2005):

Tab. 1: Bevölkerungsprognose für den Bereich in der Studie

Jahr	2000	2013	2045
Einwohner	16.598 ¹	17.662 ¹	20.281

¹ Quelle: IPPUJ (2013b)

Laut Oliveira (2011a), beträgt der durchschnittliche Trinkwasserverbrauch und damit Schmutzwasseranfall in der Stadt Joinville (Q_s) 150 l / EW*Tag und der Infiltrationskoeffizient zur Ermittlung des Fremdwasseranfalles 0,2 l / s*km. Die Kanalisationslängen für die Schmutzwasserkanäle für Alternative 1 und Alternative 2 - Teil 2 sind 41.26 km, und die Länge des Mischsystems für Alternative 2 - Teil 1 ist 78.44 km. Alternative 2 - Teil 1 hat eine höhere Netzlänge, da das bestehende Regenwassersystem im fast gesamten Gebiet auf beiden Seiten der Straße geführt ist. Erforderliche Rohrdurchmesser wurden direkt mit der Verwendung der Manning-Formel berechnet. Die neue Kanalisation wurde nach dem brasilianischen Standard-NBR 9649 (ABNT, 1986) dimensioniert und geht von einem 30-Jahres-

Planungszeitraum aus. Tabelle 2 zeigt die berechneten Abflüsse für die beiden Alternativen:

Tab. 2: Berechnete Abflüsse (l/s) für die beiden Alternativen

	Q_s	Q_f	\bar{Q}_{TW}	Q_{TW}	$6 \times \bar{Q}_{TW}$
Alternative 1	28,17	8,25	36,42	58,95	-
Alternative 2	28,17	15,69	43,86	66,39	184,70

Der durchschnittliche Schmutzwasserabfluss (Q_s) plus der Fremdwasserabfluss (Q_f) ergeben den Trockenwetterabfluss (\bar{Q}_{TW}). Q_{TW} ist der Spitzenwert des Trockenwetterabflusses ($\bar{Q}_{TW} \cdot 1,2 \cdot 1,5$). Das Kanalsystem für die Alternative 1 wurde für den Trockenwetterabfluss \bar{Q}_{TW} dimensioniert. Da es keine brasilianische Regelung für Mischwassersysteme gibt, wurde die Zwischenlösung vereinfacht auf einen international üblichen Standard dimensioniert. Dabei soll eine Mischwasserentlastung erst bei Überschreitung des 6-fachen Trockenwetterabflusses auftreten $6 \times \bar{Q}_{TW}$ (Butler & Davies, 2004). $6 \times \bar{Q}_{TW}$ entspricht in diesem Fall $6 \times Q_s + Q_f$.

3 Ergebnisse und Diskussion

Für die beiden Alternativen wurden nur die direkten Baukosten für die Umsetzung berücksichtigt. Andere Faktoren wie Landerwerb, Versicherung der Bauwerke usw. können nur schwer geschätzt werden. Der Betrieb und die Wartung werden mittels Abwassergebühren finanziert. Die zusätzlichen Einkünfte des Systems können für die Erweiterung verwendet werden.

Die Kosten wurden unter Verwendung von Oliveira (2011b) für Rohrleitungen und Pumpstationen, Pacheco (2011) für die Kläranlage (ARA) und Sitzenfrie (2013) für die Rückhaltebecken als Referenz geschätzt. Die Kosten der Referenzen wurden mittels des Landesindex der Baukosten für Brasilien (INCC) auf den aktuellen Stand von April 2015 angepasst. Danach wurden die Kosten auf US Dollar (\$) mit dem aktuellen Wechselkurs von \$1,00 gleich R\$0,33 und €1,11 (Banco Central do Brasil, 2015; European Central Bank, 2015) umgerechnet. Tabelle 3 zeigt die geschätzten Kosten für alle Alternativen:

Tab. 3: Die Kosten für die Umsetzung der Alternativen

	Installation	Einheit	Anteil	Kosten (1000\$)	Gesamtkosten (\$)
Alternative 1	Rohrleitung	m	41.249	5.272	6.839
	Pumpstationen	-	8	305	
	ARA	l/s	59,00	1.262	
Alternative 2 Part 1	Rohrleitung	m	6.832	1.455	3.996
	Pumpstationen	-	4	659	
	ARA	l/s	66,40	1.301	
	Rückhaltebecken	m ³	1.125	581	
Alternative 2 Part 2	Rohrleitung	m	34.425	4.267	4.362
	Pumpstationen	-	5	95	
Alternative 2				Gesamtwert	8.358

4 Schlussfolgerungen

Für Alternative 1, die unmittelbare Errichtung eines Schmutzwassersystems, sind die Anschaffungskosten um ca. 20% geringer als für Variante 2 (Teil 1 und Teil 2). Jedoch liegen die dabei aufzubringenden Kosten über 70% über den Errichtungskosten eines Mischsystems. In Gebieten, in denen bereits ein Regenwassersystem aber keine Abwasserentsorgung besteht, kann ein Mischwassersystem daher eine kosteneffiziente Übergangslösung sein, welche schrittweise zum idealen Trennsystem ausgebaut werden kann.

Die aktuelle Situation der meisten brasilianischen Städte muss sich ändern. Die flächendeckende Abwasserentsorgung ist noch lange nicht Realität. Durch eine geringere Anfangsinvestition der Abwasserbehandlungsanlagen wäre eine schrittweise Umsetzung in kürzerer Zeit möglich. Diese Studie analysiert lediglich die Kosten. Eine Analyse der Machbarkeit sowie der Umweltauswirkungen muss in weiterer Folge noch durchgeführt werden.

Danksagung

Mariana L. R. Goncalves erhält finanzielle Unterstützung von CAPES Science without Borders Stipendium. Bex 13668137.

Literatur

- ABNT - Brazilian Technical Standards Association. (1986). *NBR 9649: Design of sewage systems (Projeto de redes coletoras de esgoto sanitário)*. Rio de Janeiro, Brazil.
- Banco Central do Brasil. (2015). *Currency Converter (Conversão de Moedas)*. Retrieved from <http://www4.bcb.gov.br/pec/conversao/conversao.asp>
- Bernardes, R. S., & Soares, S. R. A. (2004). *Combined sewage and pollution control: a strategy for planning the treatment of the sewage and rainwater combination. (Esgotos combinados e controle da poluição: estratégia para planejamento do tratamento da mistura de esgotos sanitários e águas pluviais)*. Brasilia-DF, Brazil: Caixa.
- Butler, D., & Davies, J. W. (2004). *Urban Drainage* (2nd ed.). London: Spon Press.
- European Central Bank. (2015). US Dollar. Retrieved from <http://www.finanze.at/devisen/dollarkurs>
- IBGE - Brazilian Institute of Geography and Statistics (2010). *National Survey of Basic Sanitation 2008*, Rio de Janeiro, Brazil.
- IPPUJ - Institute of Research and Planning for Sustainable Development of Joinville (2013a). *Joinville Neighborhoods 2013 (Joinville Bairro a Bairro 2013)*. Joinville, Brazil.
- IPPUJ - Institute of Research and Planning for Sustainable Development of Joinville, (2013b). *Joinville City Data 2013 (Joinville Cidade em Dados 2013)*. Joinville, Brazil.
- Oliveira, D. D. (2011a). *Master Plan of Sanitation: Water and Sewage - Volume III (Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville - SC - Componentes Água e Esgoto - Tomo II)*. Joinville, Brazil
- Oliveira, D. D. (2011b). *Master Plan of Sanitation: Water and Sewage - Volume III (Plano Municipal de Saneamento Básico de Joinville - SC - Componentes Água e Esgoto - Tomo III)*. Joinville, Brazil
- Pacheco, R. P. (2011). *Sewage Systems implementation costs (Custos para Implantacao de Sistemas de Esgotamento Sanitário)*. Federal University of Paraná. Curitiba, Brazil
- Sitzenfrei, R., Urich, C., Moderl, M., & Rauch, W. (2013). Assessing the efficiency of different cso positions based on network graph characteristics. *Water Science & Technology*, 67(7), 1574–1580.
- Tucci, C.E.M., 2002. Urban Drainage Management (Gerenciamento da Drenagem Urbana). *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 7(1), pp.5–27.
- Von Sperling, M., & Chernicharo, C. A. L. (2005). *Biological Wastewater Treatment in Warm Climate Regions - Volume One*. Padstow - UK: IWA.

Anschrift der Verfasserin:

Mariana L. R. Goncalves, Eng.
Arbeitsbereich für Umwelttechnik, Institut für Infrastruktur, Universität Innsbruck
Technikerstrasse 13
6020 Innsbruck, Österreich,
mariana.rengel-goncalves@student.uibk.ac.at