

Power To X Anlagen für Tansania

Reinhard Kraemer

Kimei PV P.O. box 35400 Bunju Dar es Salaam

Phone: +25578 6666660 oder +49174 7366829 email: info@kimei-pv.com

Die Voraussetzungen für eine wirtschaftliche Produktion von grünem Wasserstoff und dessen Folgeprodukten in Subsahara Staaten

- Geringe Stromgestehungskosten im Bereich von 1 bis 2 Eurocent pro kWh. Die Energiekosten sind bei Power to X Anlagen der Hauptposten. Die Herstellung von einem kg verflüssigtem Wasserstoff benötigt ca. 60 kW*h Strom. 1 kg Ammoniak verbraucht je nach Verfahren 8,3 bis 10 kW*h. In vielen Subsahara Ländern können mit Photovoltaikanlagen Stromgestehungskosten von 1 Cent/kWh realisiert werden. (Stand 2020). Dies ist deutlich günstiger als in Nordafrikanischen Staaten und auf der Arabischen Halbinsel. Bei Onshore Windkraftanlagen liegen in Deutschland die Gestehungskosten zwischen 4 und 8 Cent/kWh. Diese Kosten zu reduzieren dürfte in den Subsahara Staaten, die für Power to X Anlagen geeignet sind, fast unmöglich sein, da die Bau.- und Betriebskosten zwar niedriger sind, es aber kaum vergleichbare Onshore Windbedingungen wie zum Beispiel an der Nord und Ostseeküste gibt. 2200 Vollaststunden sind mindestens notwendig um Stromgestehungskosten von 4 Cent/kWh zu erzielen. Anders sieht es bei der Nutzung der Wasserkraft aus. So sind die Wellenbedingungen an der Atlantik und Pazifikküste deutlich besser als die Windbedingungen. Bei Wellenhöhen größer 1,3 m herrschen dort ganzjährig sehr gute Bedingungen für Wellenkraftwerke, die bereits bei einer Wellenhöhe von 1,5 Meter ihre maximale Leistung abgeben. In Kombination mit geeigneten Windturbinen (VAWT) kann die Effizienz gesteigert werden, was bei mehr als 5000 Vollaststunden Stromgestehungskosten von 2 Cent/kWh ermöglicht. Das Gleiche gilt für In Flow Gezeitenkraftwerke, wenn diese einfach und wartungsarm konzipiert sind. Ausgestattet mit zwei Windturbinen können auch hier Stromgestehungskosten 2 Cent/kWh realisiert werden. Große Wasserkraftwerke an Stauseen haben Stromgestehungskosten von 3 bis 4 Cent/kWh und sind für PV Power to X Anlagen sinnvoll, wenn nachts im Teillastbetrieb produziert werden soll. Da sie in den meisten Fällen ökologisch sehr umstritten sind, ist das Potenzial entsprechend gering. Ähnliches gilt für Gezeitenkraftwerke mit Staumauer.
- Ausreichend und ganzjährig verfügbare Wassermengen in Süßwasserqualität mit möglichst geringer Härte für die Herstellung von entionisiertem Wasser. Dieses aus Meerwasser herzustellen ist zwar möglich, aber um ein vielfaches teurer. Bei der Herstellung von Folgeprodukten wie zum Beispiel Ammoniak werden zusätzliche Wassermengen für Kühlung bzw. Betrieb von Dampfturbinen benötigt. Die Wasserentnahme darf keine negativen Folgen für Landwirtschaft, Trinkwassernutzung und auf das Ökosystem der Süßwasserquelle haben.
- Lage der Produktionsstätten in Meeresnähe ist von Vorteil, wenn der überwiegende Anteil per Tankschiff exportiert werden soll. Der Transport zwischen Fabrik und Anlegestelle ist am wirtschaftlichsten, wenn er in Pipelines mit einer Länge bis 10 km erfolgt. Ähnliches gilt für die Entfernung zwischen Fabrik und Kraftwerk, da so gut wie nie ein geeignetes öffentliches Stromnetz zu Verfügung steht.
- Infrastruktur für den Transport der Anlagenkomponenten. Der Transport vom Hafen ist in der Regel unproblematisch, allerdings stehen für die letzten Kilometer oft nur unzureichende Wege zur Verfügung. Deren Befestigung und Erhaltung in landesüblicher Qualität ist aber vergleichsweise günstig.

- Ammoniak als Anfangsprodukt für den Export nach Europa. Die Verschiffung von reinem Wasserstoff erfolgt in flüssiger Form und in kryogenen Behältern. Spätestens nach 12 Tagen beginnt er auszugasen. Auch wenn zukünftige Schiffsantriebe diesen Wasserstoff nutzen können, ist ein Transport über längere Strecken problematisch, solange es keine weiterführende Wasserstoff Pipelines im nördlichen Mittelmeer gibt. Die Produktion von Kohlenwasserstoffen und Alkoholen als Folgeprodukt ist nicht sehr sinnvoll, da außer Luft keine CO₂ Quellen zu Verfügung stehen um eine wirtschaftliche Produktion zu ermöglichen. Bleiben chemisch gebundener Wasserstoff und Ammoniak übrig. Beides lässt sich parallel in unterschiedlichen Anlagen produzieren, sehr einfach transportieren und dauerhaft speichern. Der Markt für chemisch gebundenen Wasserstoff ist zurzeit noch sehr gering. Für grünen Ammoniak gibt es in Europa und Weltweit jetzt schon einen riesigen Markt. Er kann die konventionelle Ammoniakproduktion aus Methan ersetzen, die etwa 1 bis 2 Prozent des Gesamtenergieverbrauchs ausmacht und ist bei 10 Cent Energiekosten pro Kilogramm Ammoniak mehr wie Wettbewerbsfähig. Die Energiekosten für konventionellen Ammoniak einschließlich CO₂ Abgaben liegen europaweit bei mindestens 16 bis 20 Cent/kg (Erdgaskosten 1,5 bis 2 Cent/kW*h, CO₂ Abgaben 25 €/Tonne). Berücksichtigt man die höheren Investitionskosten bei grünem Ammoniak, den Transportaufwand und die niedrigeren Betriebskosten ergeben sich 17 bis 19 Cent/kg. Ein weiterer mit vergleichbar geringen Mitteln zu erschließender Markt ist die Verbrennung von grünem Ammoniak in Dieselmotoren und Gasturbinen.

Die politischen und rechtlichen Rahmenbedingungen in Tansania

Tansania hat seit 2000 vermehrt Anreize geschaffen um Investoren jeglicher Art ins Land zu holen. Einige Unternehmen besonders im Bergbaubereich wollten die alte Kolonialzeit wieder aufleben lassen und waren nur an der eigenen Gewinnmaximierung interessiert, was aufgrund von Korruption relativ einfach war. Dies wurde in den letzten Jahren von der tansanischen Regierung geändert, indem man einseitig abgeschlossene Verträge gekündigt und eine Staatsbeteiligung an großen Bergbauunternehmen beschlossen hat. Ferner unterliegen alle für den Export bestimmte Ressourcen einer gesonderten Besteuerung. Kritikwürdig ist die Art und Weise wie man dies durchgeführt hat. Theatralische Auftritte des Präsidenten bei denen er den Kampf gegen den Imperialismus und die Bereitschaft für einen Wirtschaftskrieg ankündigte fördern nicht das Vertrauen von Investoren, die kein Interesse an den Ressourcen Tansanias haben. Es ist durchaus naheliegend sich die Frage zu stellen was diese Regierung als Nächstes vorhat. Sich dessen bewusst hat diese einschließlich Präsident in den letzten Monaten immer wieder bekräftigt, dass Investoren in Tansania nach wie vor willkommen sind und alle unternehmerische Freiheiten weiterhin vorhanden sind. Dies wurde uns auch mehrfach auf unserer Ministerien und Behördentour bestätigt, wo wir uns unter anderem nach den Voraussetzungen für den Bau von Power to X Anlagen erkundigt haben. Zusammenfassend lässt sich hier sagen, dass es diesbezüglich keine Einschränkungen und Auflagen gibt, wenn das Süßwasser am Flussende entnommen wird und neben Luft keine weiteren Ressourcen benötigt werden. Für PV Strom gibt es zurzeit nur für Off Grid Lösungen Verwendung, da man erst mal Strom aus einem Wasserkraftwerk (2,2 GW), das 2022 in Betrieb geht und fast zu einer Verdreifachung der Stromproduktion im Land führt, vermarkten muss. An einer Stromlieferung für Power to X Anlagen im Bereich des Rufiji Rivers ist man interessiert, ob sich dies rechnen kann an dieser Stelle nicht beantwortet werden. Mit Sicherheit können aber erneuerbare Energien wie PV Strom, Wasserstoff und Ammoniak in Zukunft verstärkt zum Einsatz kommen, um die ehrgeizigen Wachstumsziele zu realisieren. Da dies in der Regel eine Frage der Finanzierungsmöglichkeiten ist, lautet unser persönliches Fazit, dass durch den Bau von Power to X Anlagen die Energiepolitik des

Landes enorm beeinflusst werden kann, wenn die Produkte auch im Land vermarktet werden. Neben der Netzeinspeisung von PV Strom kann gasförmiger Wasserstoff die geplanten Kohlekraftwerke überflüssig machen, wenn er zusammen mit den tansanischen Erdgasvorkommen in Pipelines transportiert zur Energieerzeugung eingesetzt wird. Dieser Mix aus Erdgas und Wasserstoff (bis zu 30 % und mehr) kann auch in benachbarte Länder wie Uganda, Kenia u. a. exportiert werden. An den ostafrikanischen Seen gibt es allerdings ebenfalls ein erhebliches Potenzial für eine Wasserstoffproduktion, die dort unwesentlich teurer ist wie importiertes Erdgas von der Küste.

PV Anlagen und Zubehör sind in Tansania von jeglicher Einfuhrsteuer befreit. Bei Investitionsgütern liegen die Einfuhrsteuern bei 0 %, 2,5 % oder 6,5 % Zoll plus 18 % Mehrwertsteuer. Die Mehrwertsteuer kann als Vorsteuer geltend gemacht werden. Diese Zollsätze gelten nur, wenn der Import über das TIC (Tanzanian Investment Center) abgewickelt wird. Für Power to X Anlagen beträgt der Einfuhrzoll für alle Hauptkomponenten 0 %, einzelne Komponenten sind jedoch mit 2,5 bzw. mit 6,5 % zu verzollen. So beträgt der Zollsatz für Wasserstofftanks 6,5 %, sind diese innerhalb eines Elektrolysemoduls verbaut sind sie zollfrei.

Mögliche wirtschaftliche Standorte von Power to X Anlagen für den weltweiten Export und den inländischen Markt in Tansania

In Tansania gibt es fünf große Flüsse die ganzjährig Wasser führen und in den Pazifik münden. Im Mündungsbereich steht an allen Flüssen genügend Süßwasser für den Betrieb von Elektrolyse,- und Ammoniakanlagen zur Verfügung. Zweckmäßig ist es an einigen Standorten die Wasserentnahme über Wasserrückhaltebecken zu tätigen, da in sehr trockenen Jahren besonders im September und Oktober eine direkte Wasserentnahme aus ökologischen Gründen nicht sinnvoll ist. Diese Becken können meistens im sandigen Boden in unmittelbarer Nähe zum Fluss errichtet werden, wobei ein Großteil des Sandes für den Bau der Fabriken und Zufahrtsstraßen Verwendung findet. Installierbar sind in unmittelbarer Nähe der Produktionsstandorten 135 GWp Photovoltaikleistung und mindestens 15 GW Wellen/Windkraft aus küstennahen Gebieten. Es können im Durchschnitt täglich 607,5 GWh PV Strom und 186 GWh Wellen/Wind Strom produziert werden, womit 15.559 t gasförmiger Wasserstoff oder 78.600 t Ammoniak hergestellt werden können. Bei einer Ammoniakproduktion sind täglich 137.550 m³ Süßwasser notwendig. Die Wasserentnahme verteilt sich auf die 5 Flüsse wie folgt.

1. Pangani/Pangani River 13.000 m³ pro Tag
2. Saadani/Wami River 13.000 m³ pro Tag
3. Bagamoyo/Ruvu River 13.000 m³ pro Tag
4. Nyamisati/Rifuji River 50.000 m³ pro Tag
5. Mtwara/Rovuma River 48.550 m³ pro Tag

An den Standorten 1 bis 3 ist eine Süßwasserentnahme von jeweils 13.000 m³ unter Verwendung von Wasserrückhaltebecken pro Tag möglich. Hiermit können täglich 7.428 t Ammoniak produziert werden. Die PV Feld Leistung liegt zwischen 13,5 und 15 GWp, die installierte Wellen/Windkraftleistung zwischen 1,15 und 0,6 GW und die Elektrolyseleistung bei 5,31 GW.

Die Orte Pangani und Bagamoyo sind 125 km voneinander entfernt. Saadani liegt dazwischen und ist 40 km von Bagamoyo entfernt. Hier kann bei gemeinsamer Ammoniakproduktion der Export von Pangani aus mit großen Tankern erfolgen. Die Verbindung kann über eine Landpipeline oder mit 2 kleinen Tankschiffen erfolgen. Beim Einsatz von gebrauchten Zulieferschiffen dürfte dies die kostengünstigere Variante sein.

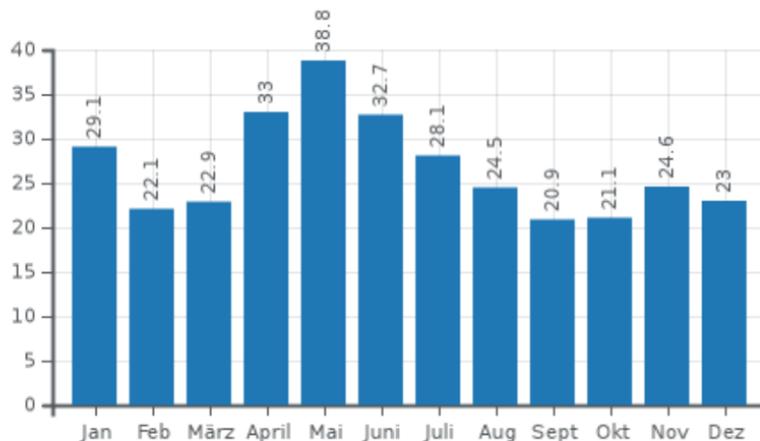
Am Standort 4 Rifuji River ist eine Süßwasserentnahme von mindestens 50.000 m³ pro Tag ohne Rückhaltebecken möglich. Es können täglich 28.571 t Ammoniak produziert werden. Die PV Feld Leistung liegt bei 42 GWp, die installierte Wellen/Windkraftleistung bei 8 GW und die Elektrolyseleistung bei 20,42 GW.

Eine Süßwasserentnahme von mindestens 48.550 m³ pro Tag ist am Rovuma wahlweise mit oder ohne Rückhaltebecken möglich. Es können täglich 27.743 t Ammoniak produziert werden. Die PV Feld Leistung liegt bei 50,5 GWp, die installierte Wellen/Windkraftleistung bei 4,26 GW und die Elektrolyseleistung bei 19,83 GW.

Im Offshore Bereich der Rovuma Mündung gibt es auch auf tansanischer Seite erhebliche Erdgasvorkommen, die größtenteils noch nicht erschlossen sind. Ab Mtwara existiert eine Erdgaspipeline nach Daressalam mit 530 km Länge. Bei einer Förderkapazität von knapp 7.000 t Erdgas pro Tag können 800 t (ca. 30 Volumenprozent) durch Wasserstoff ersetzt werden. Der derzeitige Gaspreis in Tansania beträgt für Großkunden je nach Entfernung vom Einspeisepunkt 4,7 bis 7,7 US\$ pro 1000 Kubikfuß, was auf Wasserstoff umgerechnet einen Preis von 0,6 bis 0,98 US\$ pro Kilogramm ergibt. Die reinen Gesteungskosten für gasförmigen Wasserstoff liegen in Tansania ohne Transport bei 1 US\$ pro Kilogramm. Dennoch kann eine Wasserstoffeinspeisung für die zumeist internationalen Firmen (Zementhersteller, Düngemittelhersteller) interessant sein, um ihren CO₂ Fußabdruck zu verringern. Ähnliches gilt für die Gaskraftwerke an der Strecke und für zukünftige Investoren. Da die größten Abnehmer im Raum Daressalam liegen wäre der Einspeisepunkt für Wasserstoff nicht Mtwara sondern nördlich vom Rufiji Delta, was die Transportstrecke für Wasserstoff um 450 km verringern würde.

Pangani River

Der Pangani River kommt aus der Kilimandscharo Region und ist ohne Quellflüsse 500 km lang. Sein Einzugsgebiet beträgt 43.950 km². Die Durchflussmenge wurde über 18 Jahren (1959–77) in Korogwe etwa 110 Kilometer flussaufwärts von der Mündung in m³/s gemessen. Der mittlere Niedrigwasserabfluss beträgt 20,9 m³/s, der niedrigste bekannte Abfluss wird mit 7 m³/s beziffert.



Eine unkontrollierte und unnötig hohe Wasserentnahme im gesamten Pangani Becken haben in Verbindung mit einer starken Erosion im Mündungsbereich dazu geführt, dass sich das Brackwasser in den letzten 60 Jahren etwa 7 km flussaufwärts verlagert hat. Durch ein beschlossenes Wassermanagementprogramm im gesamten Becken soll die unnötige Wasserentnahme reduziert werden, um dieses Problem zu lösen. Ferner ist bei einer Power to X Anlage eine Fahrrinne in die Mündung notwendig, welche bei entsprechender Gestaltung die eindringende Salzwassermenge deutlich reduzieren wird. So kann man mit dem Abraum aus der Fahrrinne flussaufwärts eine Sohlrampe quer zum Fluss installieren, die am Ende mit größeren Steinen gesichert ist. Aufgrund der langsamen Fließgeschwindigkeit des Pangani sollte dies über Jahre eine dauerhafte Lösung sein.

Eine tägliche Wasserentnahme von bis zu 13.000 m³ am Ende des Süßwasserbereichs ist in Verbindung mit einem Rückhaltebecken möglich.

Gesamtüberblick



1/1a=Wasserentnahme, 2/2a=Wasserrückhaltebecken, 3=Fabrik, 4 und 5=PV Felder, 6=derzeitige Süßwassergrenze, 7=Flussrampe

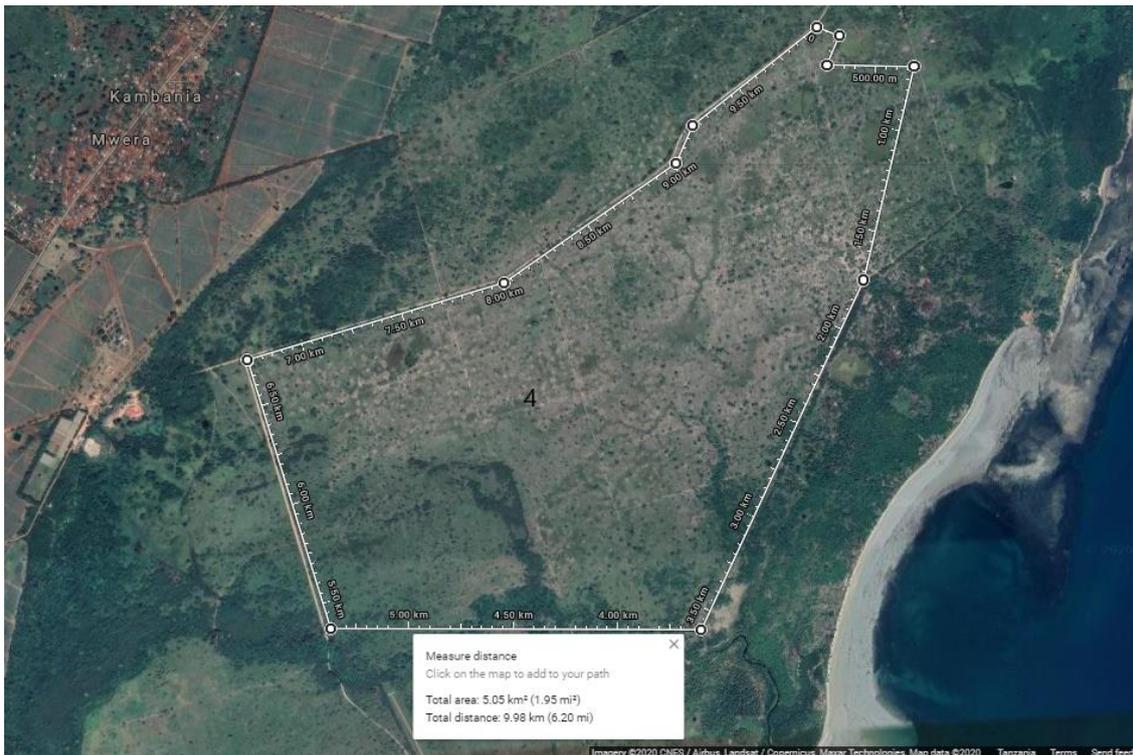
Die Leitungslänge zwischen Fabrik und Wasserentnahme Punkt 1 beträgt 12 km, zum nördlichen PV Feld 4,8 km. Bei Bau der Rampe und erfolgreicher Verhinderung der weiteren Süßwasserrückverlagerung kann die Wasserentnahme an Punkt 1a erfolgen, was die Leitungslänge um ca. 4 km verkürzt, wodurch der Mehraufwand für die Rampe teilweise kompensiert wird. Der Strom kann durch Freileitungen übertragen werden.

Wasserentnahme mit Rückhaltebecken



Wasserentnahme und Rückhaltebecken an den Punkten 1 und 2. Zur Verringerung der Wasserverdunstung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die wohl einfachste und kostengünstigste ist die Verwendung von PET Einweggetränkeflaschen gleicher Größe (500 bis 600 ml) und entsprechender Stabilität. Diese werden in Tansania Millionenfach von den bekannten und einheimischen Brauseherstellern produziert. Eine weitere Möglichkeit ist die Becken mit einer Solarfolie abzudecken. Wasserentnahme und Rückhaltebecken an den Punkten 1 und 2. Zur Verringerung der Wasserverdunstung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die wohl einfachste und kostengünstigste ist die Verwendung von PET Einweggetränkeflaschen gleicher Größe (500 bis 600 ml) und entsprechender Stabilität. Diese werden in Tansania Millionenfach von den bekannten und einheimischen Brauseherstellern produziert. Eine weitere Möglichkeit ist die Becken mit einer Solarfolie abzudecken. Bei 500 kWp/ha kann die Energie unter anderem für die Pumpleistung verwendet werden.

Erstes PV Feld



Das PV Feld ist 5 km² groß und kann aufgrund des Baumbestandes nur teilweise genutzt werden. Für 5 GWp reicht es aber allemal.

Zweites PV Feld

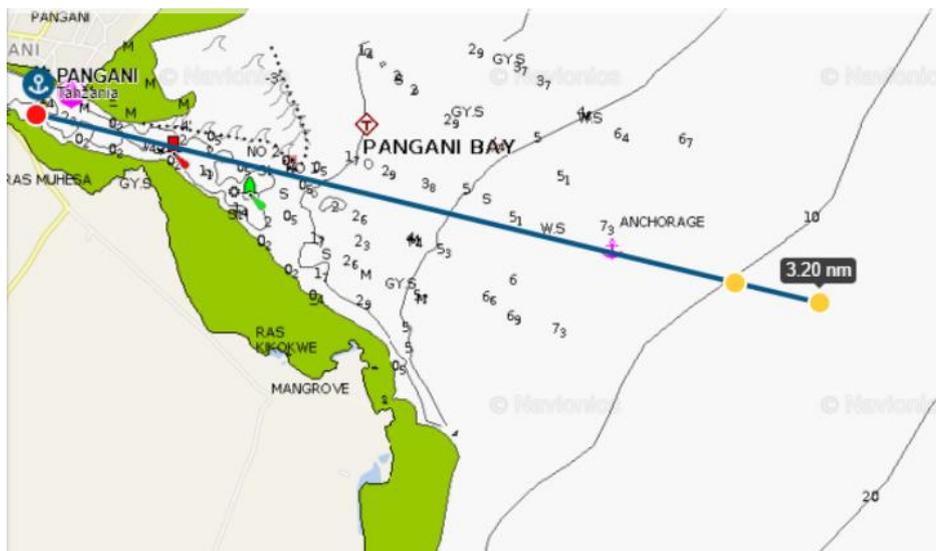


Das PV Feld ist 7 km² und kann fast vollkommen genutzt werden. Installierbar sind hier 10 GWp

Fabrik mit Anlegestelle



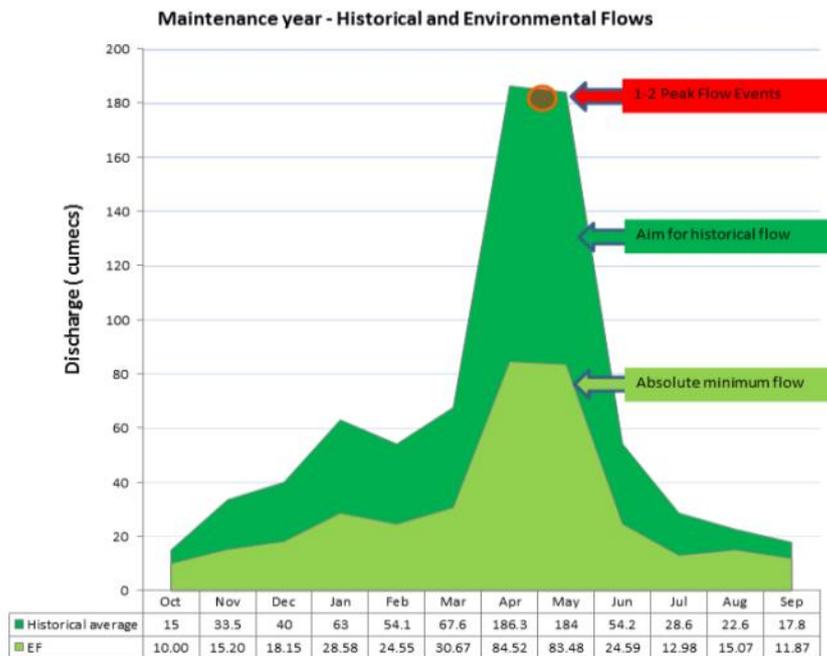
Die Fabrik kann auf einer Sandbank direkt am Fluss auf einer Grundstücksgröße von bis zu 20 ha errichtet werden. Ein weiteres Grundstück mit weiteren 20 ha steht in unmittelbarer Nähe weiter südlich zur Verfügung. Eine Fahrrinne für Schiffe bis 12,5 m Tiefgang ist maximal 6 km lang.



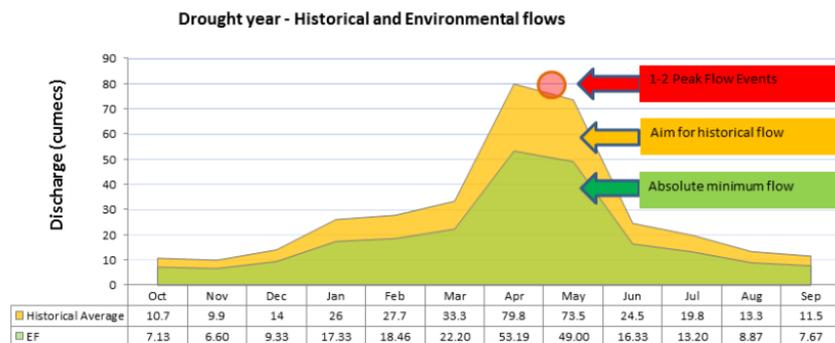
Saadani Wami River

Der Wami River kommt aus der Morogoro/Dodoma Region und ist 490 km lang. Sein Einzugsgebiet beträgt 43.946 km². Die Durchflussmenge wurde über 60 Jahren (1950–2010) in Mandera etwa 50 Kilometer flussaufwärts von der Mündung in m³/s gemessen. Der mittlere Niedrigwasserabfluss beträgt 15 m³/s. In trockenen Jahren liegt er bei 9,9 m³/s.

In einer Studie wurden diese Werte auf das weiter flussabwärts liegende Gama Gate hochgerechnet und sind in den nachfolgenden Bildern für Jahre mit normalen Niederschlägen beziehungsweise für trockene Jahre dargestellt.



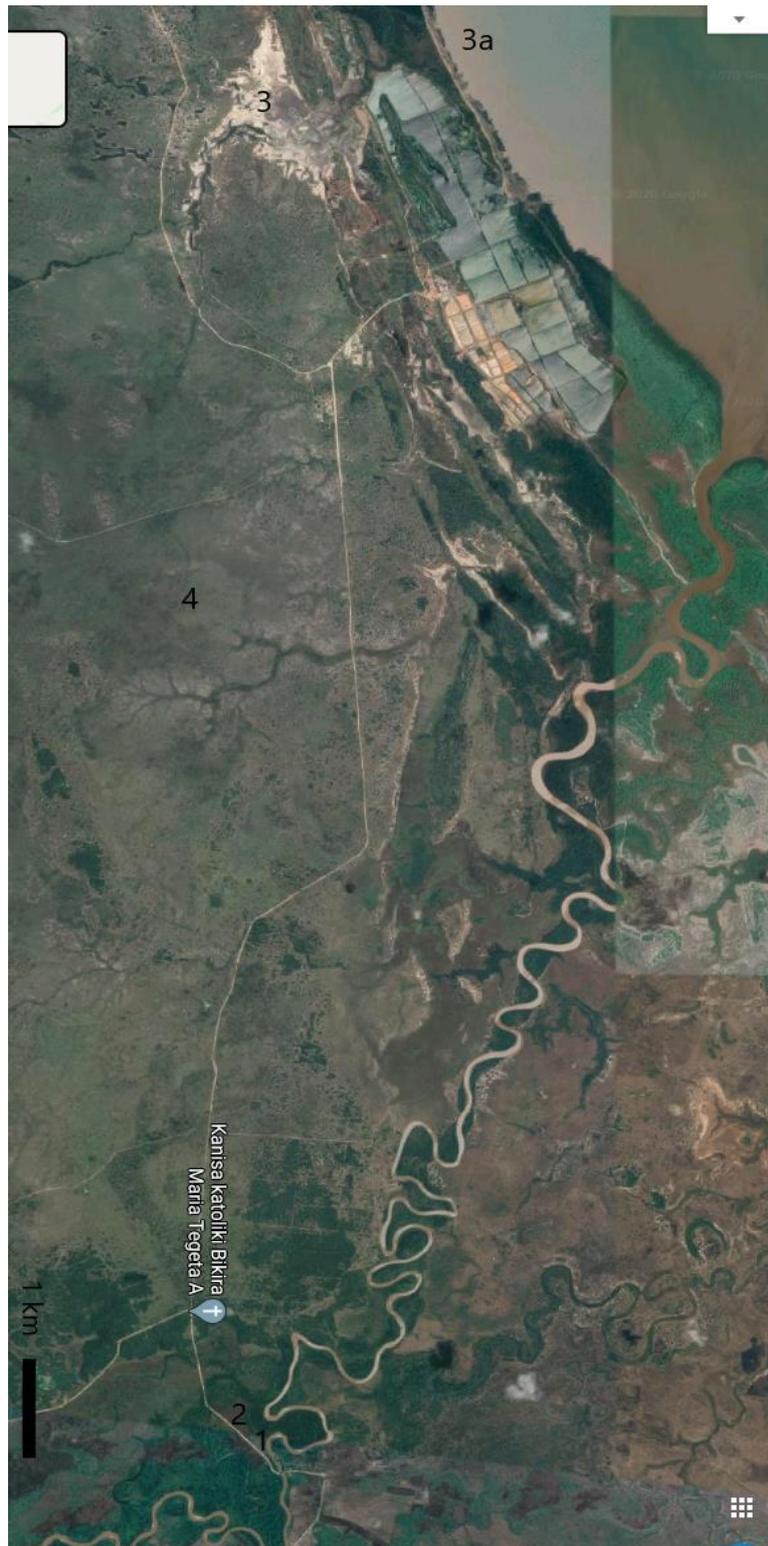
In the figure above, the dark green plot shows the historical monthly flow in cubic meters per second (~1950-2010) averaged for years with normal rainfall (ecosystem maintenance year). Light green plot depicts the minimum environmental flow (EF) necessary in Wami River at Gama Gate to maintain estuarine ecosystem for a given year.



In the figure above, the yellow plot shows the historical monthly flow in cubic meters per second (~1950-2010) averaged for drought years (years with rainfall lower than one standard deviation below the average rainfall). The lime green plot depicts the minimum environmental flow (EF) necessary in the Wami River at Gama Gate to maintain estuarine ecosystem for a drought year.

Die derzeitige tägliche Wasserentnahme zwischen Mandera und der Mündung beträgt 10.000 m^3 . Unter Verwendung eines Wasserrückhaltebeckens ist eine tägliche Entnahme in Höhe von 13.000 m^3 für eine Power to X Anlage möglich, da diese auf den geforderten Mindestdurchfluss keine Auswirkungen hat. Die durch die Entnahme verursachte Durchflussminderung beträgt $0,151 \text{ m}^3/\text{s}$.

Gesamtüberblick



1 = Wasserentnahme, 2 = Wasserrückhaltebecken, 3 = Fabrik, 3a=Anlegestelle 4 = PV Feld

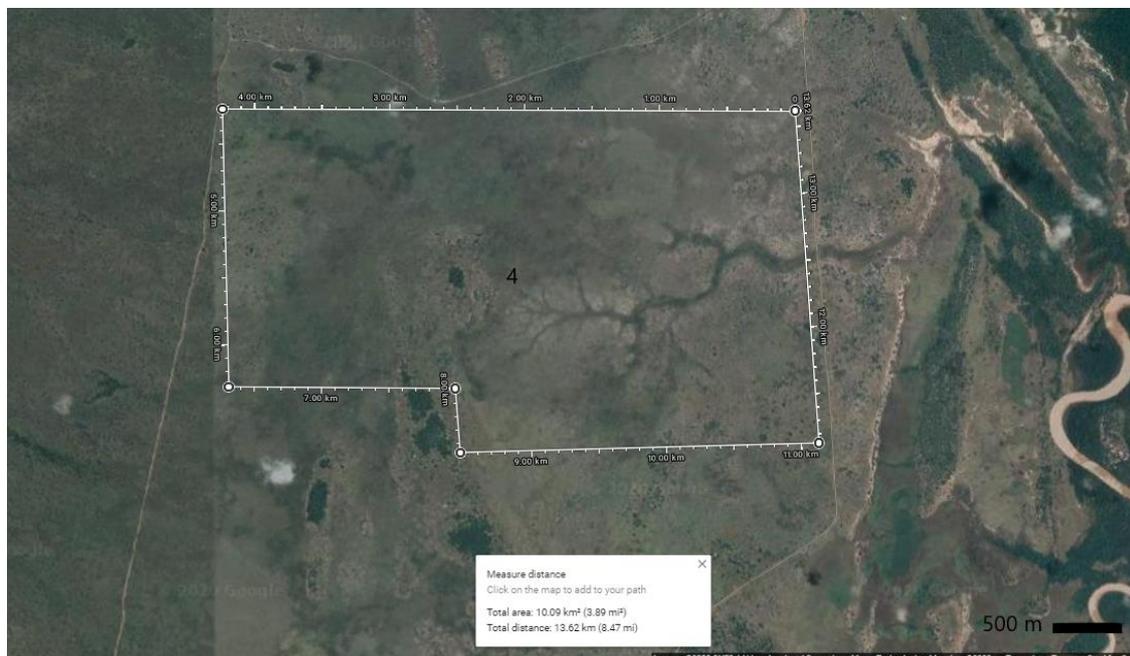
Die Leitungslänge zwischen Fabrik und Wasserentnahme beträgt 14.2 km, zum PV Feld 4,5 km und zur Anlegestelle 1,5 km. Der Strom kann durch Freileitungen übertragen werden.

Wasserentnahme mit Rückhaltebecken



Die Wasserentnahme liegt direkt neben dem Gama Gate innerhalb des Saadani Nationalparks. Bei entsprechender Gestaltung des Wasserrückhaltebeckens spricht nichts dagegen.

PV Feld



Das PV Feld ist 10 km² groß und befindet sich innerhalb des Nationalparks. Installierbar sind hier 14 GWp.

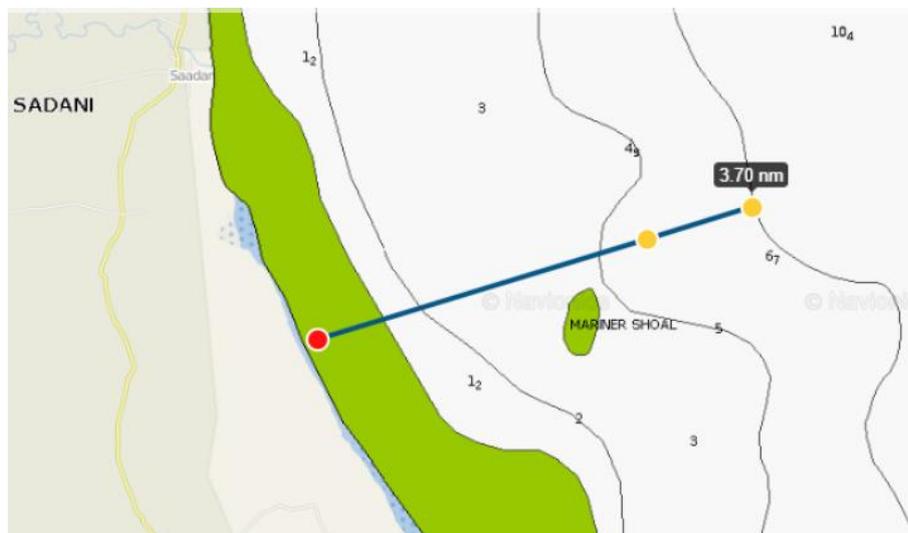
Entlang des Wami Rivers wurde im Unterlauf in den letzten Jahren zu viel abgeholzt, was eine Aufforstung zwingend erforderlich macht. Mit Setzlingen vor Ort ist dies ziemlich mühsam, da diese

vor Wildfraß geschützt werden müssen. In einem umzäunten PV Feld können ausreichend Setzlinge am nördlichen und südlichen Rand problemlos herangezogen und bei entsprechender Größe ausgesetzt werden. Dies wäre die Aufgabe der Wildhüter.

Fabrik mit Anlegestelle



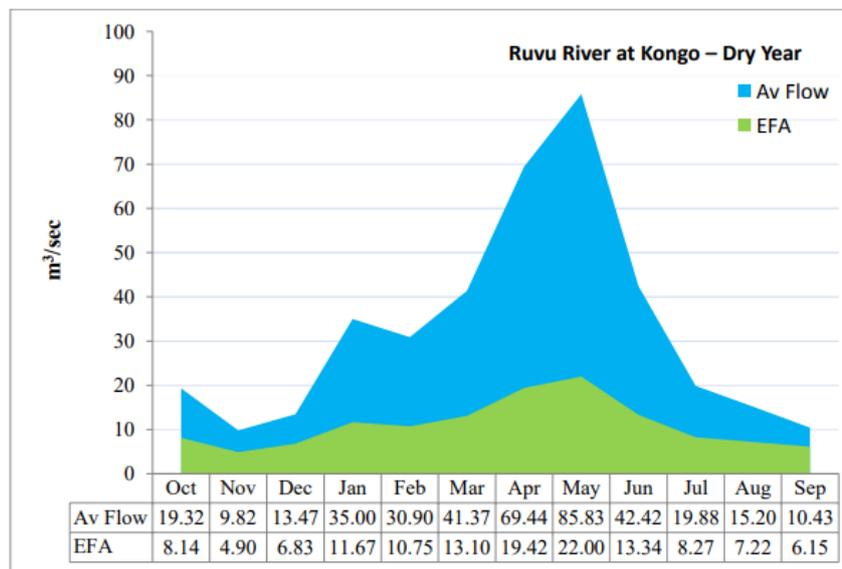
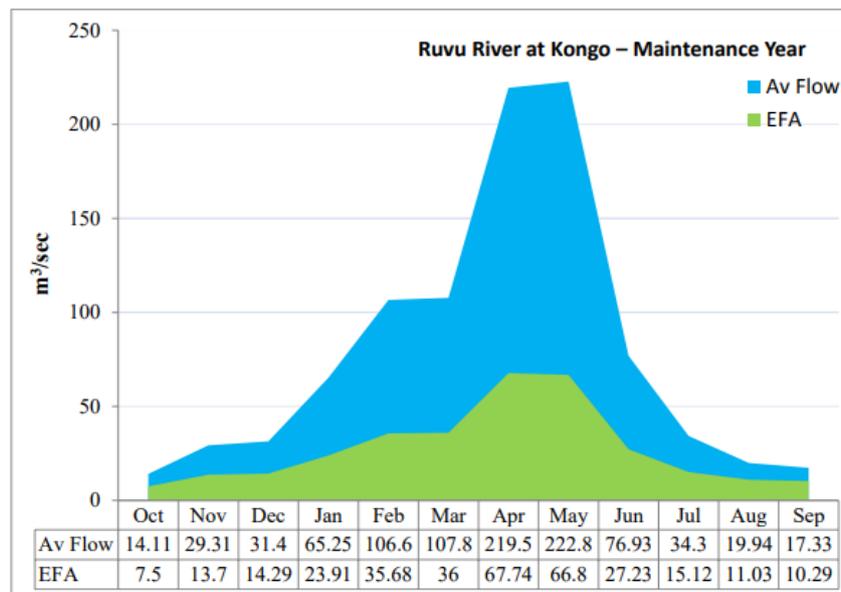
Die Fabrik kann auf einem ausreichend großen Grundstück mit mehr als 40 ha errichtet werden. Sie liegt außerhalb des Nationalparks im Gebiet von Saadani. Eine Fahrinne für Schiffe bis 120 m Länge und einem Tiefgang bis 6,5 m ist maximal 6,85 km lang.



Bagamoyo/Ruvu River

Der Ruvu kommt aus der Morogoro Region und ist 285 km lang. Sein Einzugsgebiet beträgt 20.000 km². Die Durchflussmenge wurde zwischen 1958 und 2004 im Ort Kongo etwa 40 Kilometer von der Mündung in m³/s gemessen. Der mittlere Niedrigwasserabfluss beträgt 14,1 m³/s. In trockenen Jahren liegt er bei 9,82 m³/s.

Figure 13: Recommended environmental flows for the Ruvu River at Kongo. The area in blue represents the historical averages for maintenance years or for dry years. The area in green represents the recommended environmental flow across the year.



Diese Werte können auf die Wasserentnahmestelle 7 km vor der Mündung mit geringen Abzügen übertragen werden. Alleinige Wasserverbraucher flussabwärts sind auf 20 km landwirtschaftliche Betriebe, die den Durchfluss maximal um geschätzte 0,5 m³/s während der Trockenzeit verringern. Eine Wasserentnahme von 13.000 m³ am Tag hat für die restlichen 7 km keine Auswirkungen. Ein Rückhaltebecken ist für die baulichen Maßnahmen ohnehin notwendig.

Gesamtüberblick



1 = Wasserentnahme, 2 = Wasserrückhaltebecken, 3 = Fabrik, 3a=Anlegestelle 4 und 5 = PV Felder

Die Leitungslänge zwischen Fabrik und Wasserentnahme beträgt 4 km, zum Wasserrückhaltebecken 2,2 km, zum PV Feld (4) 5,4 km, zum PV Feld (5) 2,2 km und zur Anlegestelle 1 km. Der Strom muss durch Erdleitungen übertragen werden.

Wasserentnahme mit Rückhaltebecken



Erstes PV Feld



Das PV Feld ist 7,4 km² groß und kann zu 95% genutzt werden. Installierbar sind hier 10 GWp

Zweites PV Feld



Das PV Feld ist 3,11 km² groß und kann zu 80% genutzt werden. Installierbar sind hier 3,5 GWp

Fabrik mit Anlegestelle

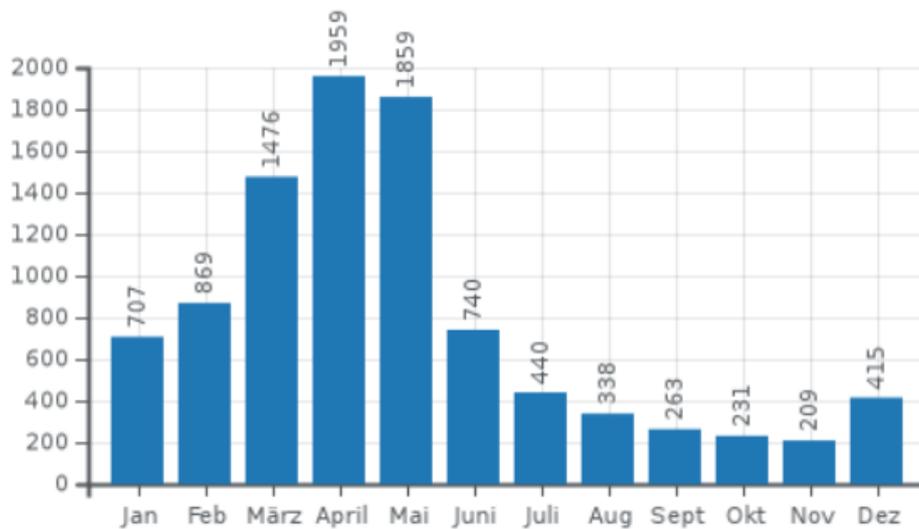


Auch dieses Fabrikgelände hat eine mögliche Größe von mehr als 40 ha.
Eine Fahrinne für Schiffe bis 120 m Länge und einem Tiefgang bis 6,5m ist maximal 5,2 km lang.



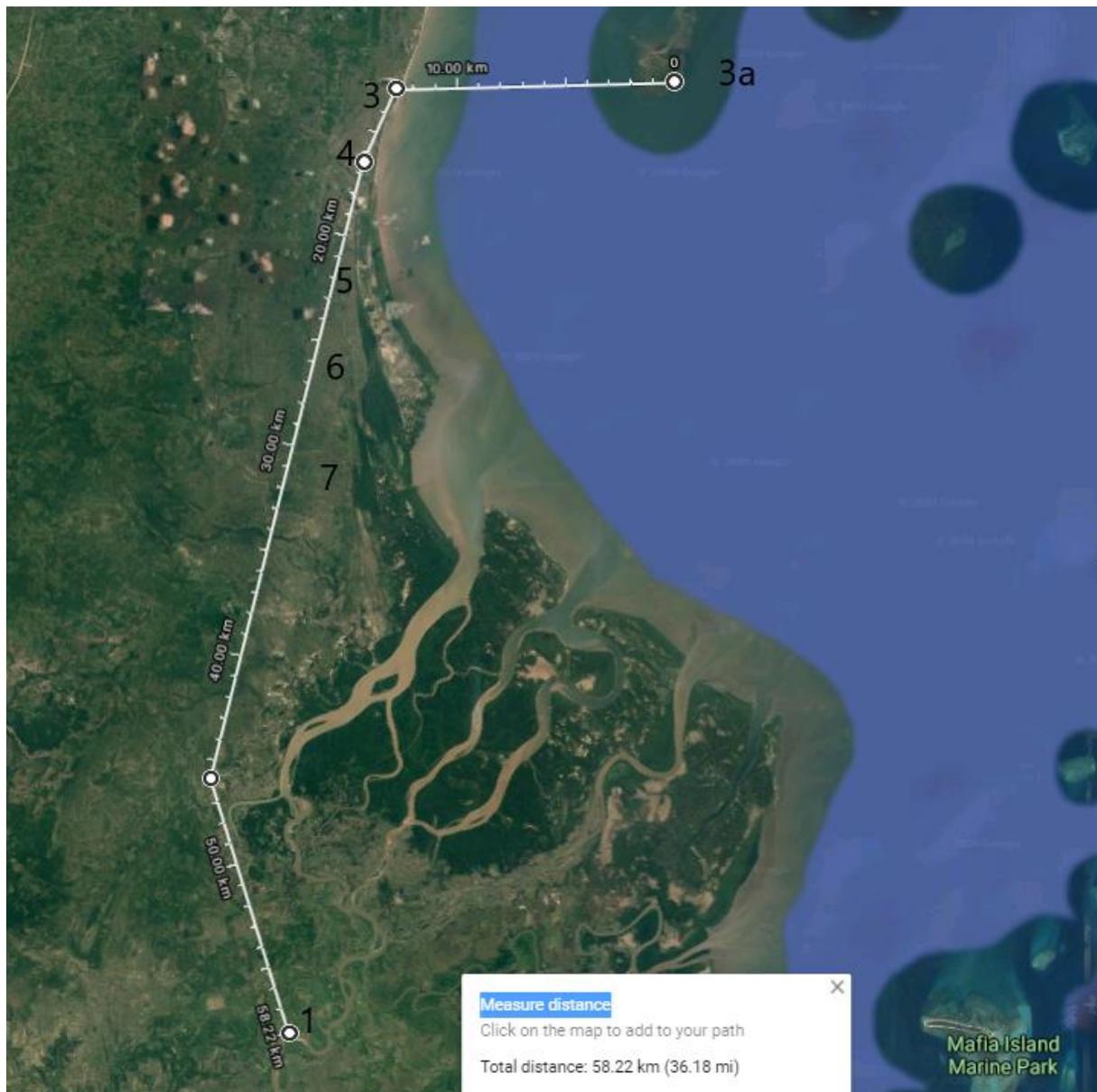
Nyamisati/Rifuji River

Der Rufiji entsteht durch den Zusammenfluss des Kilombero und des Luwegu die in der Region Iringa entspringen. Er ist 600 km lang und hat ein Einzugsgebiet von 183.000 km². Die Durchflussmenge des Flusses wurde über 24 Jahren (1954–78) bei Stieglers Gorge, etwa 220 Kilometer flussaufwärts von der Mündung in m³/s gemessen. An dieser Stelle wird zurzeit ein Wasserkraftwerk mit 2,1 GW Leistung gebaut, das den Abfluss deutlich verändern wird. Für den Mündungsbereich ergibt sich ein annähernd konstanter Durchfluss zwischen 500 und 700 m³/s.



Eine tägliche Wasserentnahme von 50.000 m³ und mehr ist hier problemlos möglich. Die notwendige Energie liefern PV Felder in unmittelbarer Nähe und Wellen/Windanlagen im Offshore Bereich des Deltas. Die Produktion von täglich 28.571 t Ammoniak kann in einer Megafabrik am nördlichen Rand des Deltas erfolgen. Auf Koma Island können sehr große Gastanker (bis 13 m Tiefgang) beladen werden. Die Verbindung zwischen Fabrik und Insel wird am besten über eine Pipeline getätigt. Alternativ kann eine zweite Fabrik mit eigener Anlegestelle für kleine Schiffe bis 6,5 m Tiefgang und einer Ammoniakproduktion von 7.5000 tato direkt in Nyamisati gebaut werden, was die erste Fabrik entsprechend verkleinern würde.

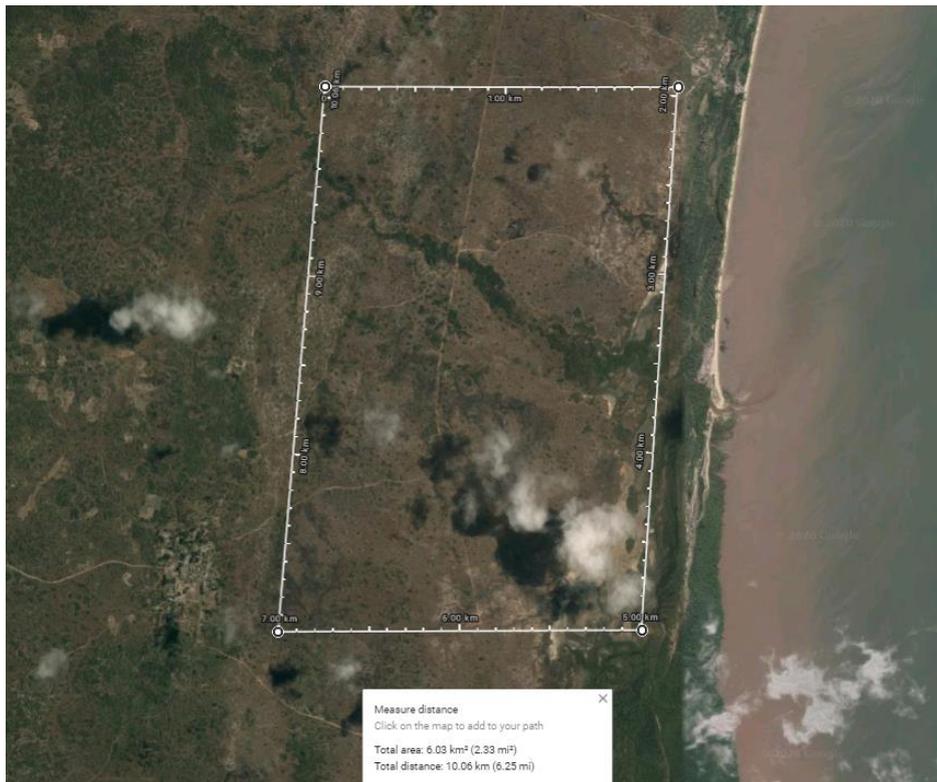
Gesamtüberblick



1 = Wasserentnahme, 3 = Fabrik, 3a=Anlegestelle Koma Island, 4 bis 7 = PV Felder

Die Leitungslänge zwischen Fabrik und Wasserentnahme beträgt 46 km, zur Anlegestelle 12,2 km, zum PV Feld (4) 1,4 km. Die restlichen PV Felder sind wenige hundert Meter voneinander entfernt. Der Strom kann durch Freileitungen übertragen werden. Die Wasserentnahmestelle liegt 8 km vor dem Delta und 30 km vor der Mündung und ist salzwasserfrei.

Erstes PV Feld



Das PV Feld ist 6 km² groß und kann zu 90% genutzt werden. Installierbar sind hier 7 GWp

Zweites PV Feld



Das PV Feld ist 4,12 km² groß und kann zu 90% genutzt werden. Installierbar sind hier 5 GWp

Drittes PV Feld



Das PV Feld ist 10,54 km² groß und kann zu 90% genutzt werden. Installierbar sind hier 13 GWp

Viertes PV Feld



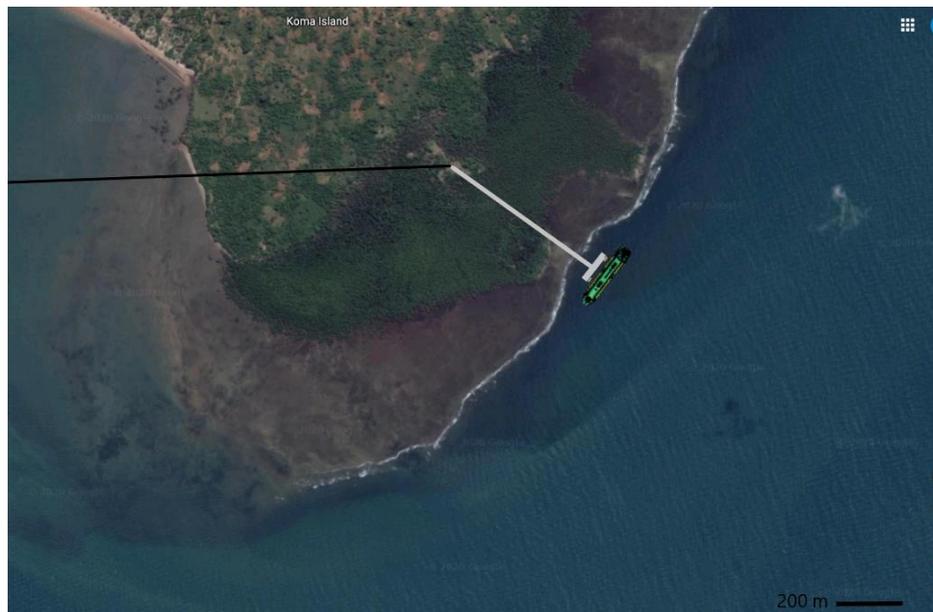
Das PV Feld ist 13,53 km² groß und kann zu 90% genutzt werden. Installierbar sind hier 17 GWp

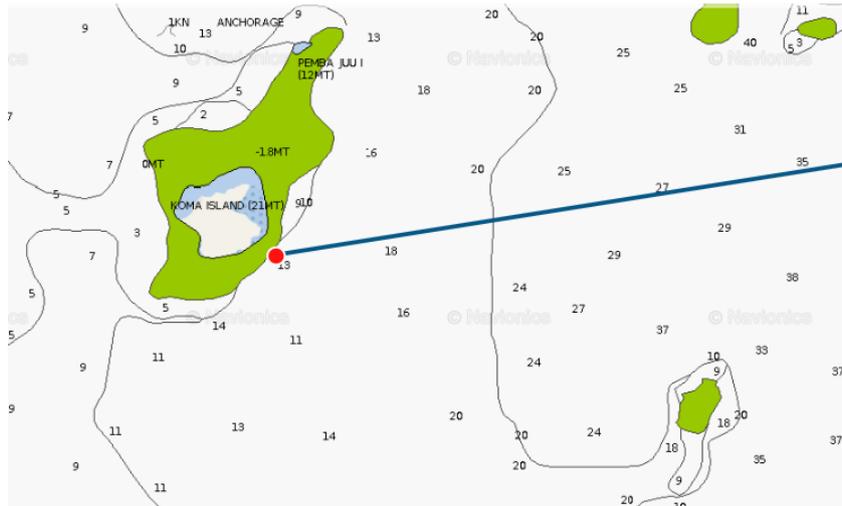
Fabrik



Die Fabrik mit Pipeline nach Koma Island und einer Grundstückgröße von über 1,5 km². Die Zufahrt zur Insel erfolgt über den Nordmafiakanal mit reichlich Wasser unterm Kiel. Bei einer Vertiefung im Bereich der Anlegestelle können Schiffe mit mehr als 13 m Tiefgang ablegen.

Anlegestelle





Alternative



1 = Wasserentnahme, 3 = Fabrik

Die Leitungslänge zwischen Fabrik und Wasserentnahme beträgt 23 km, zum vierten PV Feld sind es 2 km und zur Anlegestelle 1,1 km.

Fabrik mit Anlegestelle

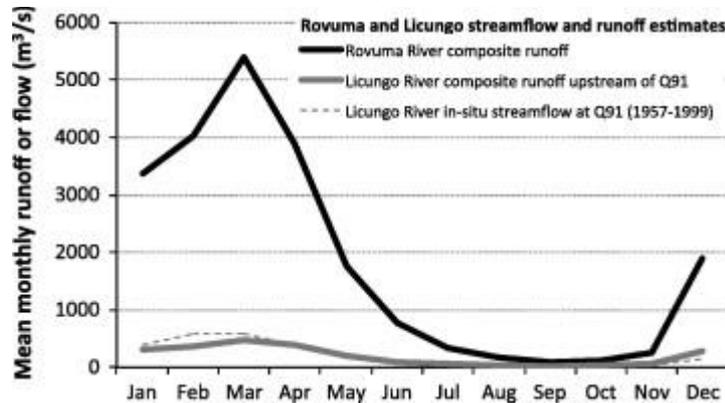


Für das Fabrikgelände steht eine ausreichende Fläche von über 40 ha zur Verfügung. Die Anlegestelle befindet sich im nördlichsten Seitenarm des Deltas, der als Fährverbindung zur Insel Mafia genutzt wird. Eine Fahrrinne für Schiffe bis 6,5 m Tiefgang ist zwar über 11 Seemeilen lang, muss aber nur teilweise vertieft werden, insbesondere dann, wenn man unter Flut ausläuft.



Mtwara/Rovuma River

Der Rovuma River kommt aus der Region Ruvuma und hat seine Quelle östlich vom Malawisee. Er ist 800 km lang und verfügt über ein Einzugsgebiet von 155.500 km². Es gibt keine historischen Daten über die Durchflussmenge, eine wissenschaftliche Schätzung dürfte aber hinreichend genau sein. Der durchschnittliche Niedrigwasserabfluss liegt demnach bei mindestens 150 m³/s.



Eine Wasserentnahme von täglich 48.550 m³ ist auch hier problemlos darstellbar. Wie am Rufiji River kann auch hier die Produktion an 2 Fabrikstandorten stattfinden. Der Hauptwasserverbraucher am Unterlauf des Flusses ist die Stadt Mtwara mit einem derzeitigen Entnahmevolumen von 60.000 m³ pro Tag. Dieses soll um täglich 120.000 m³ erhöht werden und ist zum größten Teil für derzeitige und zukünftige Industriebetriebe vorgesehen. Eine Power to X Anlage im Hafensbereich von Mtwara könnte bei einem Wasserverbrauch von 10.000 bis 15.000 m³ pro Tag an die öffentliche Wasserversorgung angeschlossen werden. Ob hier mehr möglich ist, wird zurzeit geklärt. Einen weiteren Fabrikstandort gibt es südlich von Mtwara in unmittelbarer Nähe zum Fluss.

Gesamtüberblick

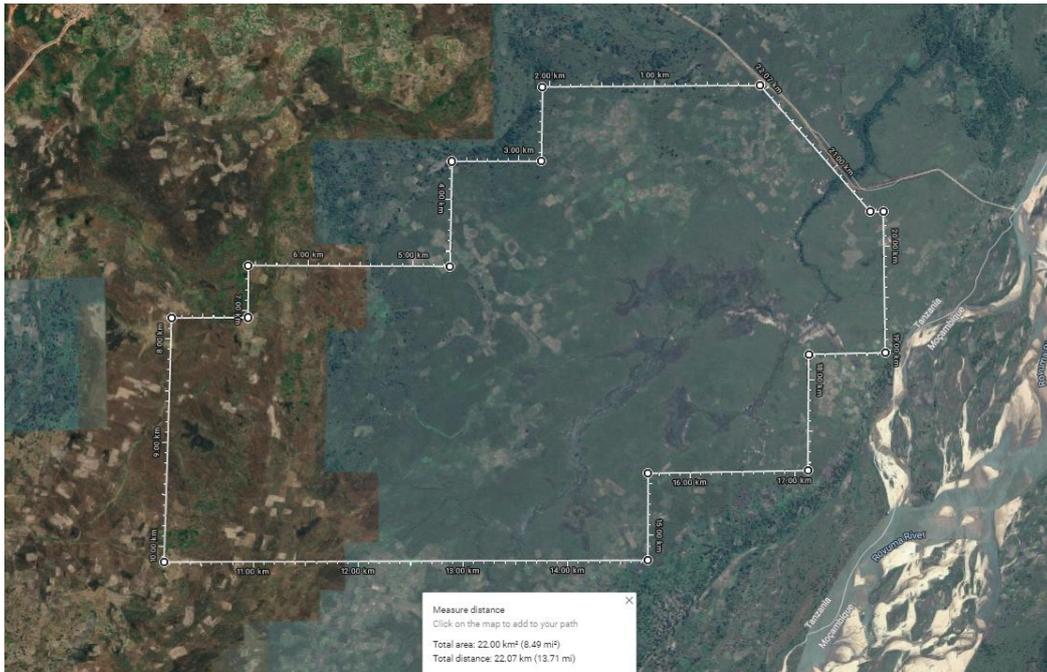


1 = Wasserentnahme, 3/3a=Fabrik und Anlegestelle, 4/4a=Fabrik und Anlegestelle, 5 und 6=PV Felder

Die Leitungslänge zwischen Fabrik (3) und Wasserentnahme beträgt 6,8 km, zur Anlegestelle (3a) 8 km. PV Feld (5) grenzt direkt an die Fabrik.

Die Leitungslänge zwischen Fabrik (4) und PV Feld (5) beträgt 25 km, zur Anlegestelle (4a) 6 km. PV Feld (6) grenzt direkt an die Fabrik. Der Strom von PV Feld (5) kann durch Freileitungen übertragen werden. Die Wasserentnahmestelle liegt 17 km vor der Mündung und ist Salzwasserfrei.

PV Feld 5



Das PV Feld ist 22 km² groß und kann zu 95 % genutzt werden. Installierbar sind hier 30 GWp. Es kann um 7,8 km²/10,5 GWp erweitert werden, wenn die Felder für Landwirtschaft ins Solarfeld integriert werden. Die Mehrkosten hierfür sind gering.

PV Feld 6



Das PV Feld ist 8 km² groß und kann zu 90 % genutzt werden. Installierbar sind hier 10 GWp. Es ist für Fabrik 4 gedacht.

Fabrik 3 mit Anlegestelle 3a



Mögliche Grundstückgröße von über 2 km². Die Zufahrt zur Anlegestelle ist nicht vorhanden. Sie wäre 8 km lang, wovon etwa 3 km durch Mangroven verlaufen.

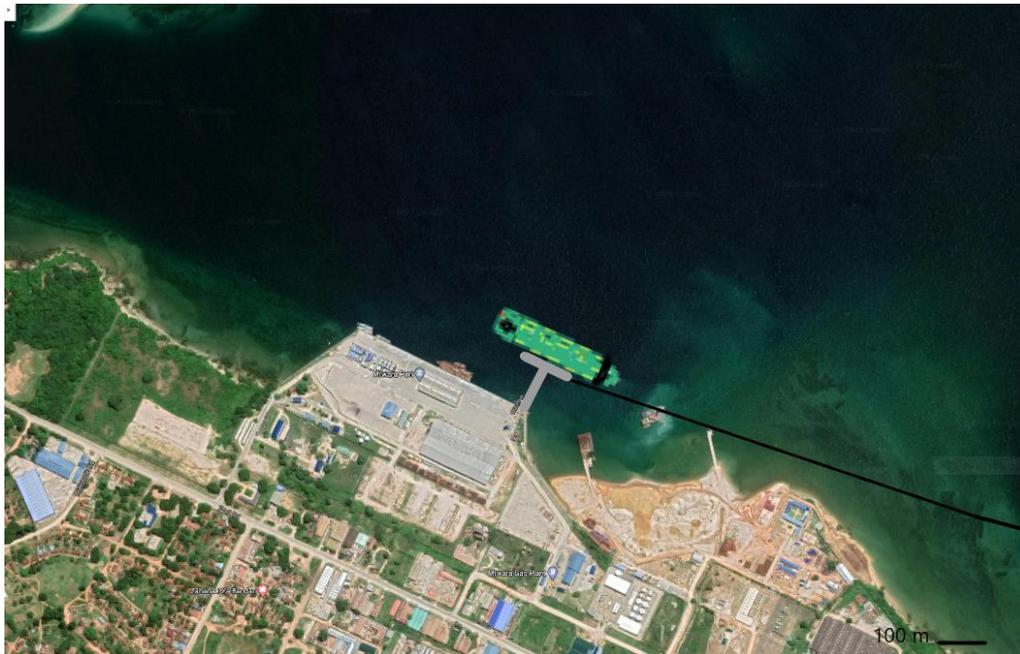
Fabrik 4



Die Grundstückgröße hier beträgt knapp 2 km². Die Verladung kann über eine neue fabriksnahe (0,5 km) Anlegestelle erfolgen, was eine Hafentiefening im Endbereich über 3,1 km erfordert, um mit großen Schiffen anzulegen.

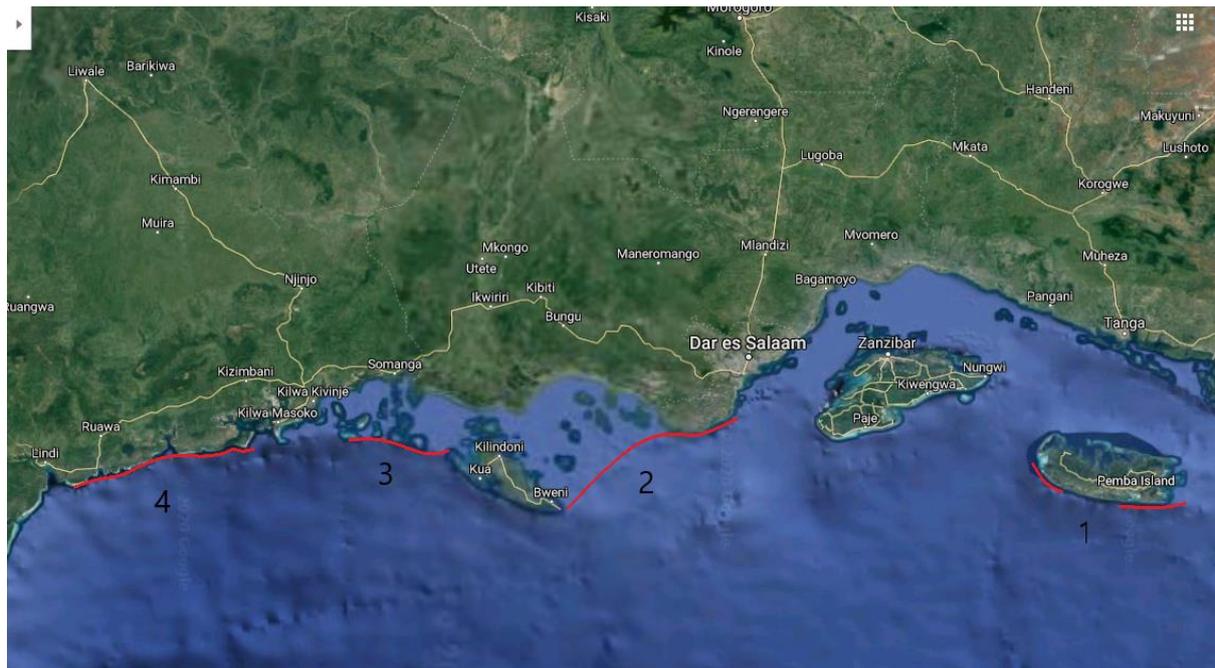


Anlegestelle 4a



Eine zweite Möglichkeit ist das bestehende Terminal mit der Fabrik durch eine Pipeline mit einer Länge von 6 km zu verbinden. Der Anlegesteg müsste neu geschaffen werden, wobei keine Vertiefungsarbeiten für große Schiffe notwendig sind.

Offshore Potenzial für Wellen/Windkraft



1 bis 4 sind geeignete Standorte für Wellen/Windkraftanlagen. Bei Windgeschwindigkeiten von durchschnittlich 6 bis 7 m/s sind sie für konventionelle Windkraftanlagen nicht geeignet. Die durchschnittliche signifikante Wellenhöhe liegt bei 1,5 bis 1,6 m die signifikante Wellenhöhe fällt nicht unter 1,3 m. Der Verlauf der Wind/Wellenparks ist entlang des Übergangs vom Tiefwasser (größer 100 m) ins Flachwasser (50 bis 10 m). Dieser Übergang ist meisten sehr steil, was höhere Wellen im Übergangsbereich zur Folge hat. Man kann ganzjährig mit einer signifikanten Wellenhöhe von mindestens 1,5 m rechnen. Die abgegebene Leistung einer Wellen/Windkraftanlagen liegt dann immer über 60 Prozent der Nennleistung
Installierbar sind in den 4 Bereichen vorsichtig geschätzte 15 GW.

Geeigneter Standort für eine Pilotanlage zur Produktion von Ammoniak 300 tato

Zweckmäßig ist es die Zuleitungen für Wasser und Stromversorgung bzw. die Pipeline zur Verladestelle so auszulegen, wie sie für eine spätere Ausbaustufe benötigt werden. Ferner muss in den meisten Fällen eine Fahrrinne mit mindesten 6,5 m Tiefe geschaffen werden. Unter Berücksichtigung weiterer Aspekte wie zum Beispiel Transportaufwand innerhalb Tansanias, zeitnahe Realisierbarkeit u. a. ergibt sich folgende Reihenfolge.

	Fabrikstandort	Entfernung Wasserentnahme	Entfernung PV Feld1	Entfernung PV Feld2	Länge Pipeline Anlegestelle	Länge Fahrrinne 6,5 m	Länge Fahrrinne 12,5 m
1	Ruvu	4 km	2,2 km	5,4 km	1 km	5,2 km	-
2	Pangani	8/12 km	4,8	Angrenzend an PV Feld1	0,1 km	3,9	6 km
3	Rovuma 2.1	Öffentliche Wasser- versorgung	0,2 km	25 km	0,5 km	1 km	3,1 km
4	Wami	14,2 km	4,5 km	-	1,5 km	6,85 km	-

5	Rovuma 2.2	Öffentliche Wasserversorgung	0,2	25 km	6 km	-	-
7	Rovuma 1	6,8 km	0,2 km	-	8 km	-	-
7	Rufiji 2	23 km	2 km	-	1,1 km	20 km	-
8	Rufiji 1	46 km	1,4 km	Angrenzend an PV Feld1	12,2 km	-	-

Quellen:

Review of Water Resource Exploitation and Landuse Pressure in the Pangani River Basin

FIU-GLOWS. 2016. Freshwater inflow requirements for Wami River Estuary, Saadani National Park, Tanzania, 104 p. ISBN 978-1-941993-14-9

GLOWS – FIU. 2014. Environmental Flow Recommendations for the Ruvu River Basin, 52 p. ISBN-13: 978-1-941993-02-6

Evaluation of streamflow estimates for the Rovuma River M.R. Minihane