



Faktenblatt Phosphor-Recycling · Juni 2019

Phosphorgewinnung aus Abwasser



Phosphor ist lebenswichtig!

Phosphor wird vor allem
als Dünger importiert...

Phosphor ist lebenswichtig...

Alle biologischen Organismen, wie Pflanzen, Tiere und der Mensch benötigen Phosphor. Er spielt eine unverzichtbare Rolle als Teil des Erbguts und als Energieträger im Stoffwechsel. Pflanzen beziehen Phosphor ausschliesslich aus dem Boden. Wenn nur wenig Phosphor verfügbar ist wächst die Pflanze schlecht. In landwirtschaftlich genutzten Böden muss mineralischer Dünger zugegeben werden, der zu einem grossen Teil Phosphor enthält. Phosphor kann nicht substituiert, das heisst nicht durch einen anderen Stoff ersetzt werden.

...aber nicht unerschöpflich

Phosphor kommt in der Natur nicht als Element vor, sondern in Form von Phosphat, das hauptsächlich durch den Abbau und die Verarbeitung von Phosphaterzen gewonnen wird. Die Schweiz verfügt über kein Phosphat-Vorkommen und ist deshalb vollständig auf Importe angewiesen. Die wirtschaftlich abbaubaren Phosphat-Vorkommen konzentrieren sich zu über 90 Prozent auf wenige Staaten. Dies sind Marokko, Algerien, Südafrika, China, Jordanien, Russland und die USA.



Marokko



Saudi-Arabien

Leicht erschliessbare und schadstoffarme Lagerstätten werden seltener. Schätzungen ergeben, dass die Phosphat-Vorkommen in spätestens 300 Jahren erschöpft sind. Die Europäische Kommission hat deshalb das Phosphatgestein im Jahr 2014 auf die Liste der kritischen Rohstoffe gesetzt. Ein Ziel der Liste ist es unter anderem neue Abbau- und Recyclingtätigkeiten zu fördern.

Phosphor im Abwasser

Etwa 2 Gramm Phosphor je Einwohner gelangen mit dem kommunalen Abwasser täglich in die Kläranlage. Bisher wird Phosphor bei der Abwasserreinigung grösstenteils mittels Ausfällung aus dem Abwasser entfernt, weil ein zu grosser Eintrag von Phosphor in die Gewässer zu vermehrtem Algenwachstum führt. Der ausgefällte Phosphor wird zusammen mit Schwermetallen und anderen Schadstoffen in den Klärschlamm überführt und meistens verbrannt. Der durchschnittliche Phosphor-Gehalt pro Tonne Klärschlamm als Trockensubstanz (TS) beträgt zirka 25 bis 30 kg, die Klärschlammasche enthält sogar zwischen 6 und 8 Prozent Phosphor. Wird Klärschlamm ohne vorgängige Phosphorrückgewinnung in einer Kehrichtverbrennungsanlage oder in einem Zementwerk zusammen mit anderen Abfällen verbrannt, geht der Phosphor verloren. Der Phosphorzyklus zwischen Landwirtschaft, Ernährung und Abwasser ist damit unterbrochen.

...und mehrheitlich im
Klärschlamm wieder verbrannt.

...aber nicht unerschöpflich!

Bund schreibt Rückgewinnung vor

Die Schweiz will die Abhängigkeit von Importen vermindern und die knapper werdende Ressource Phosphat durch eine effizientere Nutzung und Rückgewinnung von Phosphor schonen. Eine grosse Bedeutung hat dabei das Phosphor-Recycling aus dem Abwasser, bzw. aus dem Klärschlamm. Am 1. Januar 2016 trat die neue eidgenössische Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) in Kraft. Darin wird verlangt, dass ab dem 1. Januar 2026 aus dem Abwasser, dem Klärschlamm oder aus der Klärschlammasche Phosphor zurückgewonnen werden muss. Die Schweiz schreibt damit als erstes Land weltweit eine verbindliche Phosphorrückgewinnung vor.

Verfahren zur Phosphor Rückgewinnung

Zurzeit sind rund 50 Verfahren in der Entwicklung, um Phosphor aus dem Abwasser zurückzugewinnen. Viele Verfahren stecken noch in der Versuchsphase, einige stehen kurz vor der grosstechnischen Marktreife. Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat im Januar 2017 eine Übersicht der Technologien zur Phosphor-Rückgewinnung veröffentlicht. So kann Phosphor beispielsweise aus der wässrigen Phase, dem Klärschlamm oder der Klärschlammasche zurückgewonnen werden.



Nasser Klärschlamm



getrockneter oder entwässerter Klärschlamm



Klärschlammasche

Bilder: © AWEL, Baudirektion Kanton Zürich

So unterschiedlich wie die einzelnen Verfahren sind, so verschieden sind auch ihre Stärken und Schwächen (vgl. Diagramm unten). Im Zusammenhang mit dem P-Rückgewinnungsverfahren gibt es mehrere Herausforderungen. Wichtig sind

- guter Recyclingwirkungsgrad (Ausbeute)
- guter Energienutzungsgrad (Kosten)
- schadstoffarmes P-Produkt (Einhaltung der Grenzwerte)
- gute Pflanzenverfügbarkeit (Dünger)

Phosphor-Rückgewinnung wird zur Pflicht

Rückgewinnung aus wässriger Phase	Rückgewinnung aus Klärschlamm	Rückgewinnung aus Klärschlammasche
» KRISTALLISATIONSVERFAHREN	» NASSCHEMISCHE VERFAHREN	» NASSCHEMISCHE VERFAHREN
» FÄLLUNGSVERFAHREN	» THERMOCHEMISCHE VERFAHREN	» THERMOCHEMISCHE VERFAHREN
+ integriert in die Kläranlage + hohe Produktequalität	+ grosse Massenströme + hohe Ausbeute	+ hohe Phosphorkonzentration + hohe Ausbeute + keine organischen Störstoffe
- geringe Ausbeute - hohe Investitionen	- organische Störstoffe - hoher technischer Aufwand	- geringe Massenströme

Aufgrund der höheren Ausbeute sind heute vor allem die Verfahren mit Rückgewinnung aus Klärschlamm oder Klärschlammasche interessant. Der Ausgangsstoff wird entweder nasschemisch oder thermochemisch aufbereitet. Als Endprodukte erhält man entweder Phosphorsäure oder feste Phosphorprodukte, die direkt oder nach geringfügiger Verarbeitung als Dünger in der Landwirtschaft genutzt werden. Voraussetzung für beide Nutzungen ist die Reinheit des Produkts. Für die landwirtschaftliche Nutzung sind auch die Pflanzenverfügbarkeit und die Körnung von hoher Bedeutung.



Faultürme der ARA Altenrhein

© Kanton St.Gallen, Amt für Wasser und Energie

Verschiedene Verfahren sind in Entwicklung

Beispiele von Verfahren

Verfahren	Prozess	Produkt	Pilot, Anlage
ZAB	Aschen aus der Mineralisierung von Klärschlamm und Tiermehl werden nasschemisch mit Phosphorsäure behandelt, homogenisiert und anschliessend granuliert.	Granulat als phosphorhaltiger Dünger	ZAB, Bazenheid
PyroPhos	Getrockneter Klärschlamm wird in einer Wirbelschicht-Pyrolyse thermochemisch behandelt.	Phosphathaltiger Rohstoff; Weiterverarbeitung zu Mehrstoffdünger-Granulat	AV Altenrhein mit CTU Umwelt- und Energietechnik AG und Hochschule für Life Sciences FHNW
Phos4Life	Behandlung der Klärschlamm-asche mit Schwefelsäure, wobei Phosphor und Schwermetalle in Lösung gehen. Dann Auftrennung der beiden Komponenten mittels Solventextraktionsstufe und Aufkonzentrierung der Phosphorsäure.	75%ige Phosphorsäure	Stiftung «Zentrum für nachhaltige Abfall- und Ressourcennutzung» (ZAR) in Zusammenarbeit mit dem spanischen Industriepartner Técnicas Reunidas im Auftrag des Kantons Zürich entwickelt.
EuPhoRe	2-stufige thermische Behandlung von Klärschlamm in einem Drehrohr, dann Eliminierung von Schwermetallen.	Phosphathaltiger Dünger	KVA Zofingen
ExtraPhos (auch Budenheim-Prozess)	Rückgewinnung von Phosphor aus Faulschlamm mittels Kohlensäure in einem Druckreaktor. Das gelöste Phosphat wird abgetrennt und als Kalziumphosphat ausgefällt.	Kalziumphosphat als Dünger	Pilot auf ARA Mainz, ARA Bern



Schlammverbrennungsanlage in Bazenheid

© ZAB Bazenheid

Kosten und Wirtschaftlichkeit

Die bisherigen Erfahrungen lassen noch keine gesicherten Aussagen zu den Kosten zu. Auf jeden Fall entstehen Zusatzkosten bei der Rückgewinnung des Phosphors, die sich mit dem Erlös des Produkts, Dünger oder Phosphorsäure, nach heutigem Stand nicht decken lassen.

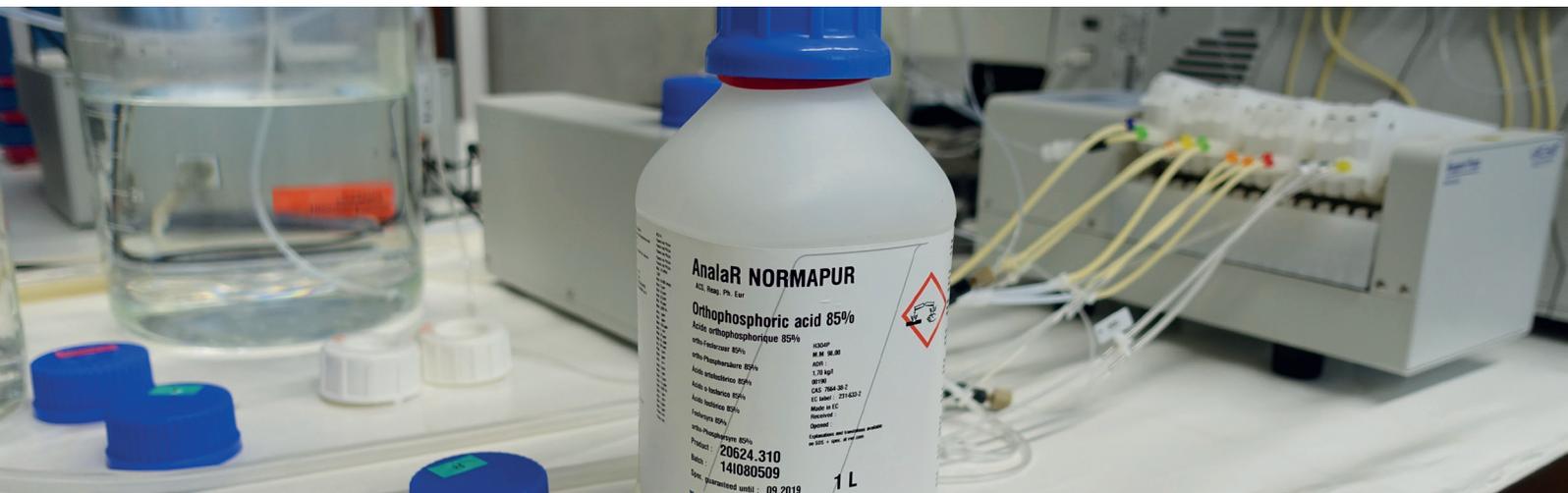
Gemäss einem Bericht des Amtes für Abfall, Wasser, Energie und Luft (AWEL) Zürich, vom Mai 2018, kostet bei klärschlamm-basierten Verfahren die Rückgewinnung eines Kilogramms Phosphor ca. 5 Franken. Der Marktwert eines Kilogramms primär produzierter Phosphorsäure liegt bei 2 bis 3 Franken. Somit müssen pro Kilogramm Phosphor aus dem Abwasserpfad netto 2 bis 3 Franken aufgewendet werden, um die Produkte auf dem Markt abzusetzen. Es ist denkbar, dass mit geeigneten Massnahmen die Umsetzungspflicht gefördert werden muss.

Schätzungen gehen davon aus, dass die jährlichen Gesamtkosten der kommunalen Abwasserentsorgung in der Schweiz mit der Phosphor-Rückgewinnung etwa 2 bis 3 Prozent ansteigen werden; was rund 5 Rappen je Kubikmeter Abwasser entspricht.

Finanzierung

Für die Finanzierung der stofflichen Verwertung von Phosphor ist das Verursacherprinzip, welches im Umweltschutz- und im Gewässerschutzgesetz verankert ist, anzuwenden. Daraus ergibt sich, dass die Mehrkosten von 5 Rappen über die Abwasserrechnung und damit über die Abwassergebühren zu finanzieren sind. Somit trägt der Verursacher diese zusätzlichen Entsorgungskosten, sofern sie nicht von einer speziellen Finanzierungslösung übernommen werden. Im grossangelegten Projekt «Swiss-Phosphor» sollen verschiedene Finanzierungsvarianten geprüft werden.

Die Finanzierung der Phosphor-rückgewinnung ist noch offen.



Hohe Qualitätsanforderungen an den Dünger

Qualitätsanforderungen an Phosphor Dünger

Klärschlamm enthält Pflanzennährstoffe wie Phosphor und Stickstoff, jedoch auch Schwermetalle wie Blei, Cadmium, Kupfer und Zink sowie schwer abbaubare organische Verbindungen und Krankheitserreger wie Bakterien, Viren und Parasiten. Deshalb ist es in der Schweiz seit dem 1. Oktober 2006 verboten, Klärschlamm als Dünger in der Landwirtschaft auszubringen.

Soll der gewonnene Phosphor als Dünger verwendet werden, muss er strenge Qualitätsanforderungen erfüllen. Auf Initiative des Bundesamts für Landwirtschaft wurde die Düngerverordnung mit einer neuen Düngerkategorie – ein sogenannter mineralischer Recyclingdünger – angepasst. In der Chemikalien-Risikoreduktions-Verordnung (ChemRRV) sind für diesen Düngertyp neue Grenzwerte für Schwermetalle und auch Grenzwerte für organische Schadstoffe (PAK, PCB, Dioxine und Furane) festgelegt. Diese neuen Grenzwerte für mineralische Recyclingdünger gelten ab dem 1. Januar 2019.

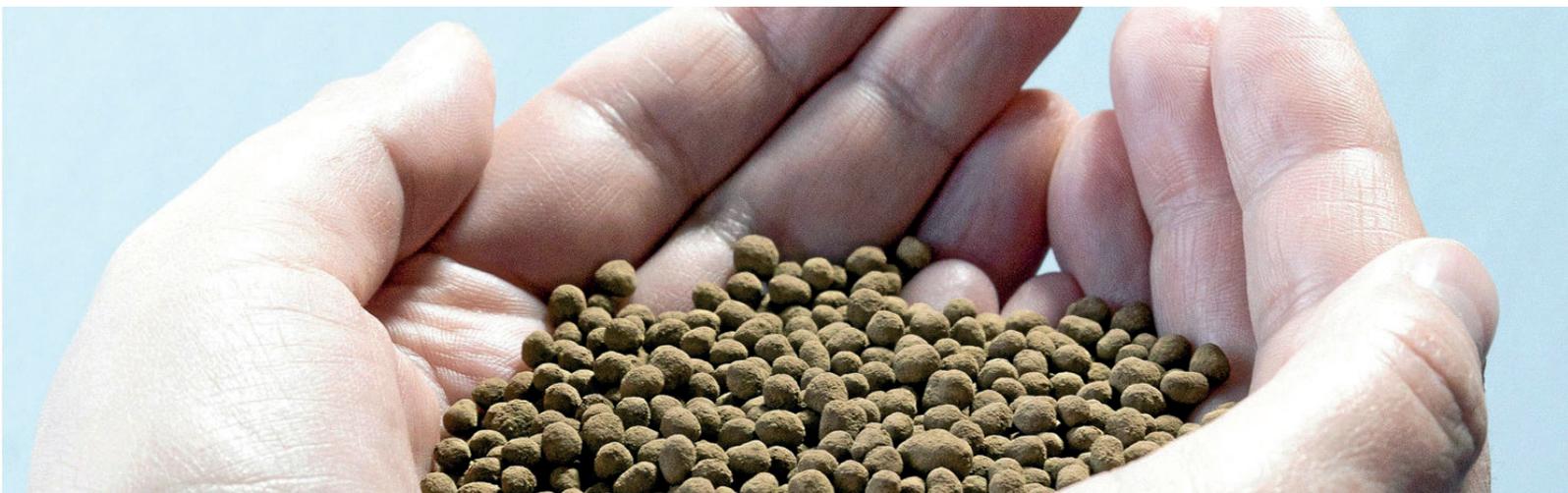
Der mineralische Recyclingdünger muss strengen Anforderungen genügen.

Potenzial für Phosphor-Recycling in der Schweiz

In der Schweiz fallen jedes Jahr rund 200 000 Tonnen Klärschlamm Trockensubstanz an. Bei einem Rückgewinnungspotenzial von rund 90 Prozent aus der Klärschlammmasche erhält man rund 6000 t Phosphor im Jahr. Dies ist mehr als jedes Jahr in Form von Mineraldünger (4200 t/a) eingeführt wird.

Ein Blick über die Grenzen

In der Schweiz wird der Klärschlamm seit 2006 verbrannt, ab 2026 ist die P-Rückgewinnung Pflicht. Damit nimmt unser Land eine Vorreiterrolle ein. Deutschland fordert eine Rückgewinnung aus dem Klärschlamm der grössten Kläranlage ab 2029 bzw. ab 2032. In Österreich liegt ein Gesetzesentwurf für die P-Rückgewinnung vor, die Niederlande verbrennen ihren Klärschlamm. Eine Rückgewinnung ist in den Niederlanden ebenfalls geplant. Schweden erarbeitet eine Verordnung, um Klärschlamm in der Landwirtschaft zu verbieten. Eine P-Rückgewinnung ist später geplant.



Kanton St.Gallen in guter Position

Im Jahr 2017 produzierten die 42 St.Galler ARA 12 171 Tonnen Trockensubstanz Klärschlamm.

48 Prozent (5862tTS) wurden im Zementwerk Untervaz als Brennstoff verwertet, 30 Prozent (3600tTS) wurden im Schlammverbrennungsöfen (KVA Bazenheim) verbrannt und der Rest (22 Prozent, 2709tTS) in verschiedenen Kehrichtverbrennungsanlagen thermisch verwertet.

Fast 70% des anfallenden Klärschlammes im Kanton St.Gallen werden von der KIGO angenommen.

Bei der heutigen Klärschlamm Entsorgung wird der Energieinhalt des Schlammes weitgehend genutzt. Die Verwertung und Entsorgung funktioniert einwandfrei und die Hauptabnehmer sind untereinander gut vernetzt. So haben sich der Zweckverband Abfallverwertung Bazenheim (ZAB), der Abwasserverband Altenrhein und die ausserkantonale Landi Aachtal Genossenschaft in Oberaach TG zur Klärschlamm Interessengemeinschaft Ost (KIGO) zusammengeschlossen. Zusammen verarbeiten sie fast 70 Prozent des St.Galler Klärschlammes.

Die Klärschlamm Entsorgung und die -verwertungswege sind im kantonalen Klärschlamm Entsorgungsplan 2012 festgehalten. Die bestehenden Strukturen sind aus heutiger Sicht geeignet, um einerseits eine geordnete und gesetzeskonforme Klärschlamm Entsorgung sicherzustellen und andererseits dem Auftrag der Phosphorrückgewinnung nachzukommen.



Abwasserreinigungsanlage Bazenheim

© A. Raschle, ARA Bazenheim

Das Projekt «Swiss Phosphor» soll bis Ende 2020 Entscheidungsgrundlagen liefern.

Nächste Schritte

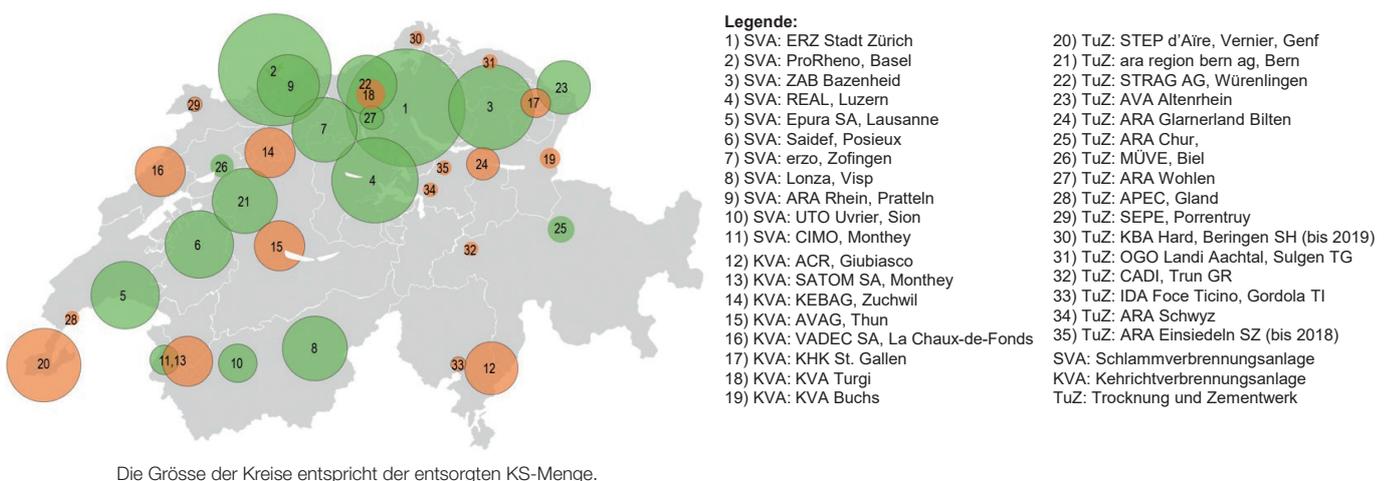
Die WEA schreibt vor, dass ab dem 1. Januar 2026 Phosphor aus dem Klärschlamm zurückgewonnen werden muss. Welche Verfahren sich schlussendlich durchsetzen werden, ist noch nicht entschieden. Klar ist, dass Recycling von Phosphor gegenüber dem Abbau ökologisch deutlich vorteilhafter ist.

In einer Arbeitsgruppe unter der Leitung des BAFU und mit Beteiligung von Kantonen, auch St.Gallen, Branchen und Experten wurde eine Vollzugshilfe «Phosphorreiche Abfälle» erstellt. Darin werden Fragen zur Effizienz der P-Rückgewinnung (Ausbeute) oder auch zum künftigen Kontrollwesen beantwortet.

Anfang 2019 ist das Projekt «Swiss Phosphor» gestartet. Auftraggeber ist das BAFU. Unter der Führung des VSA und Beteiligung von wichtigen Betroffenen sollen gesamtschweizerisch noch ungelöste Fragen beantwortet und koordiniert werden. Diese lauten:

- Welche Infrastrukturen und Kapazitäten werden wo benötigt?
- Wer nimmt den recyklierten Phosphor in welcher Form und zu welchem Preis an?
- Wer trägt die Differenz zwischen Kosten für P-Recycling und Verkaufspreis?

Ende 2020 soll an einer Veranstaltung über die Ergebnisse des Projekts informiert werden. Das Amt für Wasser und Energie bleibt mit den Zuständigen im Kontakt und wird wieder informieren.



Fall A:
Klärschlammwege bleiben sehr wahrscheinlich bestehen

Fall B:
Klärschlammwege ändern sich sehr wahrscheinlich

Quelle: SWISSPHOSPHOR, Forum N°1, 19. März 2019



Bilder und Text: © Spiegel Online

Nauru – Dank Vogelkot...

Die Geschichte klingt wie ein Märchen. Eine abgelegene Koralleninsel, mit etwa 10 000 Einwohnern, etwa 2900 Kilometer nordöstlich von Australien, mitten im blauen Pazifik, wird zum reichsten Land der Welt. Denn der Vogelkot, der sich dort abgelagert hatte, bildete unter Einwirkung der tropischen Witterung Calciumphosphat, das zeitweise kostbarer war als Gold.

Im leicht löslichen, der Verwitterung ausgesetzten Kalkgestein der Insel bildeten sich an der Oberfläche tiefe Trichter und spitze Kegel, ideale Nistplätze für Seevögel. Im Laufe von Hunderttausenden von Jahren häuften sich die Exkremente von Millionen und Abermillionen von Seevögeln in den Trichtern und bedeckten schliesslich fast die gesamte Insel meterhoch. Der Guano, wie die Ablagerungen von Vogelexkrementen genannt werden, wandelte sich mit der Zeit unter dem Einfluss der Witterung zu Calciumphosphat von höchster Reinheit um. Das Gestein enthielt teilweise über 90% reines Phosphat.

...zum reichsten Land der Welt

Schon seit Anfang des 20. Jahrhunderts wusste man von den grossen Phosphat-Vorkommen auf der Insel. Nauru verfügte über die Phosphat-Vorkommen mit dem höchsten Phosphatgehalt der Welt. Es waren aber nicht die Inselbewohner, die davon profitierten, sondern ausländische Gesellschaften aus Australien, Neuseeland und England, die die Phosphat-Vorkommen abbauten und sich die Gewinne aufteilten. Pro Jahr wurden rund eine Million Tonnen aus dem Inneren der winzigen Insel gesaugt.

Am 31. Januar 1968 hatte das Land Grund zum Feiern. Nach einem jahrzehntelangen Rechtsstreit, der bis zu den Vereinten Nationen ging, gelang es, die Unabhängigkeit

Grosser Reichtum von kurzer Dauer

für Nauru zu erlangen. Jetzt verfügte der drittkleinste Staat der Welt plötzlich über den Reichtum einer Grossmacht – allerdings auf Zeit. Denn schon 1968 war klar, dass das Phosphat in spätestens 30 Jahren erschöpft sein würde.

Allein 1974 nahm das winzige Land 450 Millionen australische Dollar ein. Damit wurden die Nauruer so reich, dass sie sich mehrere Autos pro Haushalt leisteten. Wenn ein Auto kaputt ging, liessen sie es einfach am Strassenrand stehen und kauften sich ein neues. Der Staat stellte jedem Haushalt eine Putzfrau, Wasser, Strom und auch die medizinische Versorgung kostenlos zur Verfügung. Es gab weder Steuern noch Gebühren für öffentliche Dienstleistungen.

Nauru baute eine eigene Fluggesellschaft und eine eigene Reederei auf. Die Bewohner kauften in Australien sündhaft teure Hotels und ganze Stadtviertel, bauten 1977 in Melbourne den höchsten Büroturm und investierten weltweit Milliarden in dubiose Finanzgeschäfte.

...und zurück zur Armut

Ähnlich abrupt stürzte Ende der neunziger Jahre das ganze Land ab, als die Phosphatreserven fast erschöpft waren. Nauru war faktisch bankrott. Armut begann sich auszubreiten. Korruption im Zusammenhang mit Finanzgeschäften und Fehlinvestitionen liessen Nauru auf den Stand eines Entwicklungslandes zurückfallen. Der einst reichste Staat der Welt war zum Entwicklungsland abgesunken. Seine Bewohner mussten sich wieder von der Fischerei ernähren. Ihre Villen verfielen, die Autos verrosteten. Das kleine Land war ausgebeutet und verwüstet. Wegen des exzessiven Abbaus von Phosphat standen auf dem einst grünen Eiland Ende der neunziger Jahre kaum noch Bäume und die Insel verwandelte sich zum Teil in eine bizarre Mondlandschaft.

Der kurzfristige Wohlstand hatte sie nicht glücklich gemacht. Zahlreiche Feste und die ungesunde Ernährung hatten für viele Fettleibigkeit und andere Leiden zur Folge.



Amt für Wasser und Energie

Lämmliisbrunnenstrasse 54, 9001 St.Gallen

Telefon: 058 229 30 03, Fax: 058 229 39 60

E-Mail: info.bd@sg.ch, Internet: www.awe.sg.ch