Energy Concepts for the Pilot Cities Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou

Summary of Important Results

On behalf of:

Federal Ministry
for the Environment, Nature Conservation
and Nuclear Safety

of the Federal Republic of Germany

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Energy Concepts for the Pilot Cities Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou

Summary of Important Results

LEGAL NOTICE

Title:
Energy Concepts for the Pilot Cities Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou. Summary of Important Results
Legal Notice:
The urban energy concepts for Dunhuang, Jiaxing (Xiuzhou district) and Xintai are published within the scope of
the "Sino-German Climate Partnership". As part of the International Climate Protection Initiative (ICI), the project is commissioned by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) and implemented by the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH in
cooperation with the National Development and Reform Commission (NDRC) and the National Energy Administration (NEA) of the People's Republic of China and the China National Renewable Energy Centre (CNREC).
As a German federal company, the GIZ supports the German government in the achievement of its goals in international cooperation for sustainable development.

Published by:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Headquarters
Bonn and Eschborn

Sunflower Tower
Maizidian Str. 37, Chaoyang District 100125 China, Beijing
T +86 10 85275180, F +86 10 85275185
E giz-china@giz.de, I www.giz.de/china

Study management:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sandra Retzer and Paul Recknagel

Main authors:
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE)
Dr. Stefan Bofinger
Dr. Gudrun Franke-Braun
Dr.-Ing. Kaspar Knorr
Prof. Dr. Kurt Rohrig

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
Jan-Bleicke Eggers
Si Li
Gerhard Stryi-Hipp

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP)
Dr. Christina Sager-Klauß
M. Sc. Patrick Schumacher

Technical control and coordination:
Deutsche Gesellschaft für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Ma Qiongying

China National Renewable Energy Research Centre (CNREC)
Dr. Ren Dongming
Yuan Jingting
Sun Peijun
Liu Qin
Hu Runqing
Hang Yu

Technical consulting:
Beijing Jiashu Technology Consulting Co.
Dr. Yang Guangxi
Xu Hanya
Lu Jinzhen
Han Wei
Yin Yue

Special thanks go to Ms. Yuan Baorong (CECEP Consulting), Dr. He Jijiang (Tsinghua University) as well as Mr. Fan Jingchun (China University of Petroleum) for reviewing and commenting on the concepts.

Editing, layout, information graphics:
INFOTEXT GbR, Berlin
Andreas Kaizik
Christine Schulz
Stefanie Weber
Lena Ziyal

Exclusion of liability:
GIZ and their authors assume that the data and information in this work are complete and correct at the time of going to print. Neither GIZ nor the authors will accept any liability expressly or implicitly for the contents of this work, any errors or statements. The cartographic illustrations are for information purposes only and imply no recognition of borders and territories under international law. GIZ accepts no liability for the up-to-dateness, correctness or completeness of the cartographic material provided. All liability for damages ensuing directly or indirectly from their use is excluded. The respective provider is always responsible for the contents of external sites that are referred to here.

Cover photo: INFOTEXT GbR, Lena Ziyal

Commissioned by the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)
© Beijing, September 2018

On behalf of:
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety
of the Federal Republic of Germany

ABBREVIATIONS AND UNIT

°C	degrees Celsius
%	per cent
a	year (annum)
GDP	Gross Domestic Product
CNREC	China National Renewable Energy Centre
CO2	carbon dioxide
CSP	Concentrated Solar Power
d	day
EUR	Euro
pop./km²	population per square kilometre
GIS	Geographic Information Systems
GW	Gigawatt
GWh	Gigawatt-hour (1 GWh = 1,000,000 kWh)
GWh/a	Gigawatt hours per year
h	hour
ha	hectare (1 ha = 10,000 m², 100 ha = 1 km²)
APF	annual performance factor of a thermal heat pump, indicates the ratio of used electricity to generated heat
kg	kilogram
km²	square kilometre (1 km² = 1,000,000 m²)
km²/MW	square kilometre per installed megawatt, area requirement value
km/a	kilometres per year
kt	kilotons (1 kt = 1,000 t)
kW	kilowatt
kWh	kilowatt hour
kWh/kg	kilowatt hours per kilogram
kWh/t	kilowatt hours per ton
CHP	Combined Heat and Power
l	litre
m²	square metre
m³	cubic metre
mil	million
MJ/$$_{2011}$ GDP	megajoules per generated US Dollar GDP (gross domestic product)
bil.	billion
mm	millimetre
MW	megawatt
MW_{peak}	megawatt peak, unit of peak performance
NDRC	National Development and Reform Commission
NEA	National Energy Administration
NEC	New Energy City (Chinese development plan for climate protection and energy turnaround in China's cities)
RMB	Renminbi (Chinese currency)
t	ton
t/a	tons per year
GHG	greenhouse gas
TWh	Terawatt hours (1 TWh = 1,000 GWh)
Vm³	volume designation in forestry indicating the timber mass without cavities
Vm³/ha	volume of timber mass without cavities per hectare

FOREWORD

Dear Sir or Madam, dear readers,

The Chinese energy revolution, the equivalent to the German energy transition, is facing immense challenges. Although the percentage of renewable energy has recently increased rapidly and more than a quarter (26.5%) of China's electricity was generated from renewable energy in 2017, China's hunger for energy will still be satisfied predominantly by coal for many years to come. Driven by increasing urbanisation, growing affluence and continuing strong economic development, the demand for energy is increasing. China, with almost a fifth of the world's population and about 27% of the global greenhouse gas emissions, is still by far the biggest greenhouse gas emitter world-wide. China's contribution to international climate protection is therefore crucial. Global climate change can only be stemmed together with China as a strong partner.

The environmental protection aspect also plays a major role in the implementation of the Chinese energy revolution. Efforts to reduce the notorious air pollution in the conurbations and industrial centres in the long term are an essential goal of Chinese environmental policy. China has invested around 120 billion € in environmental protection in recent years and the transformation into a climate-friendly economy was declared to be a strategic priority. The People's Republic has committed itself internationally within the scope of the Paris Agreement to (1) achieving the peaking of greenhouse gas emissions, (2) reducing CO2 emissions per GDP unit by at least 60% (in comparison with 2005) and (3) increasing the percentage of non-fossil energy sources in the primary energy consumption to at least 20% by 2030 at the latest. The energy turnaround in the electricity sector alone will not be enough for China to achieve these ambitious goals; a transformation in the heating and transport sector will also be necessary.

Cities are the linchpins of the energy revolution.

Cities and urban conurbations account for about 70% of the final energy consumption and CO2 emissions worldwide. Local protagonists, cities and local communities are therefore extremely important for the success of the energy revolution. A successful Chinese climate policy is therefore crucial to the implementation of an urban energy, transport and heating transition. Integrated, communal energy and climate protection concepts which are developed and implemented individually and locally are a decisive instrument for this.

The first concepts for communal climate protection and promotion of the energy turnaround were already implemented in German cities more than 25 years ago. Today, the German government supports the development of communal energy and climate protection concepts within the scope of the National Climate Protection Initiative (NCI) of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). From 2008 until the end of 2017, about 900 German cities and communities developed climate protection concepts and more than 1,100 other cities developed partial concepts.

The German experiences and best practices will also be disseminated in China within the scope of the BMU's International Climate Protection Initiative (ICI). Since 2008, the ICI has been supporting partner countries in the field of GHG reduction with the development and implementation of innovative instruments for the reduction of their greenhouse gas emissions. The aim is a transformation towards a sustainable and low-emission economy and supply structure. As part of the ICI-sponsored bilateral "Sino-German Climate Partnership" project, three Sino-German New Energy Demonstration Cities were supported in the development of a long-term vision for sustainable transformation of the urban energy supply under the direction of the BMU together with the National Energy Administration (NEA) of the People's Republic of China. The aim was to show the Chinese cities concrete ways and practical action recommendations for promoting the communal energy transition with the aid of an integrated energy concept and the catalogues of measures contained therein. The integrated energy concepts are based on an overall analysis of the local energy, transport and heating sector and contain actions on both the supply and demand side for improving efficiency and expanding renewable energy.

This brochure pools the basic results of the energy concepts of the three Sino-German New Energy Demonstration Cities – Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou. The energy concepts, which were developed over a period of almost two years by a consortium of Fraunhofer Institutes together with Chinese partners and city representatives under the coordination of the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, are summarised clearly and concisely here. We are convinced that the results signal a step in the right direction and that many other cities in China, Germany and world-wide will follow the example of an integrated, renewable energy-based energy concept development. Let us understand integrated energy concepts not as the end but, on the contrary, the beginning of the implementation of global, urban climate protection.

Not least, we would like to thank all those involved for their active support in the implementation and realisation of the three energy concepts. Thanks especially, in addition to the experts, to the many protagonists from politics, industry and science in the demonstration cities of Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou.

We hope you enjoy reading it!

Dr. Vera Rodenhoff
Head of Division IK I 4 – International Cooperation for Environment, Energy and Cities, OECD and Cooperation with OECD Countries
Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU)

Sandra Retzer
Head of Cluster "Sustainable Urbanisation, Transport and Energy" of GIZ China
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

EXECUTIVE SUMMARY

Under the auspices of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU) as well as the National Energy Administration (NEA) of the People's Republic of China, the Sino-German Climate Partnership supported three Chinese pilot cities with the development of integrated energy and climate protection concepts. The project was started at the beginning of 2015 with the selection of the three cities Dunhuang, Xintai and Jiaxing-Xiuzhou. By mid-2017, a consortium of the Fraunhofer Institutes for Construction Physics (IBP), Energy Economy and Energy System Technology (IEE) and Solar Energy Systems (ISE), coordinated by the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH and in cooperation with Chinese partners and city representatives, developed the concepts that are presented in aggregated form in this publication.

Based on an overall status quo analysis of the communal energy, transport and heating sectors, each energy concept forms an individual planning basis for the future development of energy supply and demand with the aim of reducing locally generated CO2 emissions. Determining the local potential for the utilisation of renewable energy is an important part of this. At the same time, the concepts provide local decision-makers with catalogues of measures which elucidate the next concrete steps and options for action to promote the local energy transition.

This Executive Summary presents the contents of this publication in concise form and summarises the most important results of the three energy concepts.

DUNHUANG

Dunhuang is an oasis city with a population of about 140,000 in China's North-West. As a former centre of trade and culture along the Silk Road, Dunhuang today attracts many tourists. This is reflected in the strong service sector which contributes approximately 55% to the communal gross domestic product (the percentage contribution from industry and agriculture is 33% and 12% respectively).

The biggest final energy consumer is the heating sector with approximately 74% of the energy consumption, followed by the transport sector with 19% and the electricity sector with 7%. Dunhuang currently relies on the import of fossil fuels to cover the local energy demand in the heating and transport sector. By contrast, the city is an electricity exporter due to high electricity surpluses from photovoltaics and hydroelectricity. Apart from power stations with heat extraction, no conventional, fossil fuel-fired power stations for electricity production exist.

Based on the actual analysis and under consideration of the potential for the utilisation of renewable energy, the Dunhuang energy concept defines the goal of a 100% renewable energy supply in all sectors by 2025. The concept also shows that this is not only ambitious but also realistic due to the excellent (weather) conditions. Thanks to the high renewable energy potential, an hourly coverage of energy demand can be achieved over the whole year and a totally emission-free energy system can be implemented.

Future energy consumption is to be covered by specific expansion of solar energy and wind power. The focus on photovoltaics and solar thermal power stations is an obvious choice due to the long hours of sunshine. Complementary to this, wind energy is an advantage from a system-technical point of view because it regularly feeds in large quantities of electricity especially in the late evening and during the night in Dunhuang. However, without extensive increases in efficiency in all sectors, the wind energy and photovoltaics capacity that needs to be installed to achieve a 100% renewable energy supply is rated very high (322 GW of installed capacity in total).

The introduction of highly efficient thermal heat pumps, however, could considerably reduce the planned photovoltaics and wind energy expansion corridor (to 8 GW installed total power). This would require planning a three to four times bigger area to be used for photovoltaics and the installation of at least two wind parks. The catalogue of measures, therefore, concretely suggests local support mechanisms such as investment grants or low-interest loans among other things.

In addition to the use of thermal heat pumps, the city should take further measures for sector coupling (power-to-heat, power-to-gas as well as electricity and thermal storage systems) in order to be able to utilise the large electricity surpluses from renewable energy effectively in the heating and transport sector.

Energy efficiency and energy saving measures generally play an important role in Dunhuang's energy concept. Minimum energy standards should be introduced for buildings in the heating sector and the use of bicycles and local public transport should be promoted in the transport sector. Concepts for intelligent urban and district planning must also be implemented to reduce energy consumption in the transport sector. Changing over private motor vehicles to electric engines would cut the primary energy consumption in the transport sector by more than half and at the same time increase sector coupling potential.

A concluding economic consideration shows that – depending on the measures to be taken and the target scenario – annual investments of 700 million to 3.8 billion EUR would be necessary to implement such an ambitious energy supply system. That this is an immense challenge in view of Dunhuang's present GDP of about 1.5 billion EUR is beyond dispute. Nevertheless, the concept and the proposed measures lay the cornerstone for the long-term vision of an emission-free Dunhuang which is certainly worth pursuing, if only in small steps.

XINTAI

The city of Xintai (population 1.4 million) lies in the province of Shandong in Eastern China and is characterised by the mining, production and energy industry. In contrast with Dunhuang, industry accounts for 51% of the GDP (agriculture: 7%, services: 42%). Coal not only dominates 84% of the mining industry but also the greater part of the energy supply which is covered by nine coal-fired power stations. Although renewable energy sources have been little exploited in the past, the city government wants to place the future focus of its energy strategy on the expansion of open space photovoltaic systems. Xintai is planning to implement a total of 30 photovoltaic projects with a total installed capacity of 2 GW by 2020. But the area expanse and suitable topographic structure of the city also offers great potential for expansion of wind power as well as photovoltaics.

Xintai is developing different visions in various scenarios for the local energy transition by 2030. The reference scenario already demonstrates that the massive expansion of photovoltaics (to 8 GW installed capacity) and wind energy (total 1 GW power) could enable a 100% renewable supply in the electricity sector in the final balance. However, without increased efforts for local utilisation, electricity will have to be exported. Since electricity export entails appropriate expansion of the network and demands transregional integration and regulation of the electricity production, this would result in a strong dependence on higher-level energy strategies. Consistent sector coupling is recommended to avoid this. Measures for combined heat (cold) and power such as the increased use of thermal heat pumps enable electricity surpluses which would otherwise have to be exported, to be used locally in other consumer sectors and the percentage of renewable energy to be increased on the whole. Additional energy efficiency measures (including a scrapping premium for inefficient industrial motors and efficiency standards for new buildings) reduce the final energy consumption by 15% in relation to the reference scenario. This will enable self-sufficiency from renewable energy of 70% by the year 2030.

Xintai is an impressive example for the energy transition of an industrial mining region. The energy concept shows that Xintai will be able to supply more than two thirds of its power from renewable energy in the future. The total annual costs for implementation of the concept would be between 800 and 950 million EUR and would correspond to approximately 10% of Xintai's GDP (9.77 billion EUR). In addition to the technical and regulatory implementation and financing of the local energy transformation, the structural transformation itself will present great challenges for Xintai. The energy concept also provides starting points for a future-orientated economic policy by estimation of proposed measures regarding the local value creation.

JIAXING-XIUZHOU

Xiuzhou is one of the two districts of the Chinese city of Jiaxing with a population of approximately 590,000. Characterised by a high degree of industrialisation and development, the city is representative of many prospering industrial cities on China's East coast. The industrial sector accounts for about 54% of Xiuzhou's GDP of approximately 4.6 billion EUR (agriculture: 5%, services: 41%). Industry is also the biggest electricity consumer with 86%. The textile industry accounts for 40% of the electricity and 74% of the process heat demand of all industrial sectors.

Xiuzhou depends heavily on coal, electricity and fuel imports. For example, 83% of the power supply comes from large coal-fired and nuclear power stations outside the city limits. Xiuzhou only has small and inefficient coal-fired power stations. Instead of central heating supply systems for households, decentralised heating devices are used that are usually powered by electricity. Due to dense built-up areas and prioritisation of agriculture over renewable energy projects (especially open space photovoltaics and wind power), Xiuzhou only has very limited areas and possibilities for the expansion of renewable energy sources. These are primarily building surfaces (roofs and walls) for solar energy utilisation but also significant biomass and a smaller geothermal potential. Therefore, solar energy expansion, especially by photovoltaics and solarthermics, is one of the central recommendations for Xiuzhou.

Various scenarios are deducted for the target year 2030 in Xiuzhou's energy concept which differ mainly in the degree of exploitation of local potential for renewable energy (between 60% and 100%). At 100% exploitation of existing potential, approximately 58% of the total energy consumption could be covered by renewable energy. In order to do so, Xiuzhou would have to develop existing potential for increasing efficiency, above all, primarily in industry. Mandatory measures for saving energy such as heat insulation, solar-friendly architecture and an obligation to use photovoltaics and solarthermics should be prescribed for new buildings in future. The transport sector already shows a high energy consumption today of which 91% is caused by private vehicles and will continue to increase in the future. Therefore, the expansion of local public transport including the use of low-emission and electric vehicles will be another important measure. The expansion of the bicycle infrastructure is also recommended.

The implementation costs of the energy concept are also estimated for Xiuzhou. The total annual costs amount to approximately 1.3 to 1.4 billion EUR (about 30% of the GDP of 4.6 billion EUR). This too is an ambitious value. However, by prioritisation of all the proposed measures – just as in the other two concepts – a pathway for Xiuzhou is revealed in which only the most important and most effective measures are tackled first in order to achieve the greatest possible effect at relatively moderate costs.

The basic conditions and most important corner points of the energy concepts and scenarios of all cities are shown conclusively in the table below. Graphic overviews of the respective catalogues of measures can be found as "measure panoramas" in the sections "Dunhuang: On the way to a totally CO2-free energy system" (pg.20), "Xintai: From industrial mining area to low-emission economic region" (pg.40) and "Jiaxing-Xiuzhou: Energy transformation despite limited potential" (pg.62).

IMPORTANT KEY PERFORMANCE INDICATORS OF THE THREE CITIES IN COMPARISON

KPI	Dunhuang	Xintai	Jiaxing-Xiuzhou
Economic and geographic data			
GDP in billion EUR	1.50	9.77	4.60
Population in millions	0.14	1.40	0.59
Economic structure in % (ratio of sectors Agriculture : Industry : Business, Trade, Services)	12 : 33 : 55	7 : 51 : 42	5 : 54 : 41
City area in km²	31,200	1,946	548
Energy data			
Final energy consumption in the reference year[1] (total) in GWh	4,377	11,238	14,486
Proportion of renewable energy of final energy consumption in the reference year in %	18.3	-	2.5
Structure of the final energy consumption in the reference year in % (ratio of the sectors Electricity: Heating: Transport)	7 : 74 : 19	13 : 65 : 22	43 : 31 : 26
Results from the energy concepts, depending on measures			
Final energy consumption in the target year[2] (total) in GWh	5,509 (efficiency-energy consumption scenario)	14,974 (integrated energy system scenario)	13,781
Proportion of renewable energy of final energy consumption in the target year in %	100	70 (self-sufficiency factor)[3]	58
Installed capacity of the renewable energy in the target year in GW	8.6 to 45.8	10.5 to 11.3	21.1 to 29.0
Total annual costs in billion EUR	0.7 to 3.8	0.8 to 0.95	1.3 to 1.4

1 Reference year for Xintai and Xiuzhou: 2014; for Dunhuang: 2015

2 Target year for Xintai and Xiuzhou: 2030; for Dunhuang: 2025

3 The self-sufficiency factor indicates for how many hours of the year the energy consumption can be covered by local renewable energy systems. If the percentage of exported energy from renewable sources is also taken into consideration, the generated amount of energy from renewable sources will exceed the energy consumption of all sectors of Xintai in the target year.

TABLE OF CONTENTS

Impressum IV
Preface VI
Executive Summary VIII
Table of Contents XII

Introduction 1

The Energy Concept for Dunhuang 2
1. **Dunhuang – tourist attraction in the Gobi Desert** 2
2. **The initial energy situation in the city** 3
2.1 Current situation: Energy consumption 3
2.2 Current situation: Energy supply 4
3. **Potential for expansion of renewable energy** 6
3.1 Wind and solar energy 6
3.2 Other renewable energy sources 6
3.3 Geothermics and heat pump 7
4. **Dunhuang's future final energy consumption - Three scenarios** 7
4.1 Most probable: The basic energy consumption scenario 7
4.2 Particularly desirable: The efficient energy consumption scenario 8
4.3 Suboptimal: The energy consumption risk scenario 10
5. **Dunhuang's future energy supply** 10
5.1 Five energy supply scenarios 10
5.2 The electricity supply 12
5.3 The heating supply 14
5.4 The energy supply in the transport sector 15
6. **Measures for implementing the energy concept for Dunhuang** 15
6.1 Overview of all measures 16
6.2 The 5 most important measures 17
7. **Dunhuang: On the way to an entirely CO2-free energy system** 18

The Energy Concept for Xintai 22
1. **Xintai – characterised by coal mining** 22
2. **The initial energy situation in the city** 23
2.1 Current situation: Energy consumption 23
2.2 Current situation: Energy supply 25
3. **Potential for expansion of renewable energy** 26
3.1 Wind and solar energy 26
3.2 Other renewable energy sources 27
4. **Xintai's future energy consumption and energy supply** 28
4.1 Three scenarios for demand and supply 28
4.2 The power supply in the integrated energy system scenario 31
4.3 Heat and cold supply in the integrated energy system scenario 32
4.4 The energy supply of the transport sector in the integrated energy system scenario 33
5. **Measures for implementing the energy concept for Xintai** 33
5.1 Overview of all measures 34
5.2 The 6 most important measures 35
6. **Xintai: From industrial mining area to low-emission economic region** 38

The Energy Concept for Jiaxing-Xiuzhou 42
1. **Jiaxing-Xiuzhou – a prospering industrial city** 42
2. **The initial energy situation in the city district** 43
2.1 Current situation: Energy consumption 43
2.2 Current situation: Energy supply 45
3. **Potential for expansion of renewable energy** 46
3.1 Wind and solar energy 46
3.2 Other renewable energy sources 47
4. **Xiuzhou's future final energy demand: Three scenarios** 49
4.1 Scenario without efficiency increases 49
4.2 Energy efficiency scenario 2020 50
4.3 Energy efficiency scenario 2030 50
5. **Xiuzhou's future energy supply** 51
5.1 Four scenarios for the year 2030 51
5.2. The electricity supply 54
5.3 The heat and cold supply 55
5.4 The energy supply in the transport sector 55
6. **Measures for implementing the energy concept for Xiuzhou** 55
6.1 Overview of all measures 56
6.2 The 7 most important measures 57
7. **Jiaxing-Xiuzhou: Energy transformation despite limited potential** 60

The monitoring: Monitor measures and their effect continuously 64
1. **The monitoring procedure** 64
2. **The creation of an energy and climate balance** 64

INTRODUCTION

Cities are responsible for 70% of the world-wide, energy-related greenhouse gas emissions and are therefore at the centre of focus of the global energy transition. The rapidly growing percentage of the urban population therefore poses immense challenges for China. Whilst 54% of the Chinese population live in cities today, the degree of urbanisation will rise to 70% by 2030. Promoting the urban energy transformation is therefore an important issue for China. If they were to succeed in sustainably reducing the urban energy consumption by increasing energy saving potential and at the same time predominantly exploiting local renewable energy potential on the supply side, that would be an important step towards implementing the Paris Climate Treaty and increasing the local value chain. In addition, complete solutions for the organisation of communal energy transformations would also help to improve the purity of the air, which is affected considerably by the (energy) industry, heating supply and transport, in the mid to long term.

The National Development and Reform Commission (NDRC) and the National Energy Administration (NEA) of the People's Republic of China are therefore promoting the climate protection and energy transformation in cities with a number of action campaigns on a national level. These also include the NEA program "New Energy City" (NEC) of 2012 in which 81 cities and eight industrial parks pledged to increase the percentage of renewable energy in the local energy consumption.

Against this background, the Sino-German Climate Partnership supports the Chinese energy transition and climate protection efforts on a national and local level as part of the International Climate Protection Initiative (ICI) of the Federal Ministry for Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety (BMU). Specifically, the project partners, coordinated by the Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, advise the National Energy Administration on a national level in the sustainable development of renewable energy and the promotion of the local energy transformation. On a local level, the development and dissemination of integrated energy concepts will enable communities to implement the urban energy transformation by themselves. As a focus for the work, integrated energy concepts were developed for three of the 81 New Energy Cities, the so-called "Sino-German New Energy Demonstration Cities" – Dunhuang, Xintai, and Jiaxing-Xiuzhou – based on the German role model.

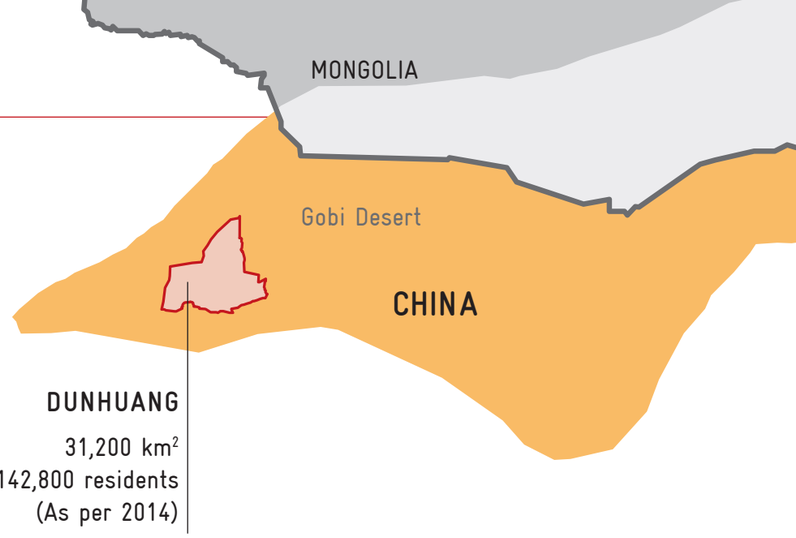
The demonstration cities here represent different local conditions and initial situations and therefore a typical cross-section of Chinese cities. Dunhuang is an oasis and desert city in North Western China with a strong tourism sector. Xintai lies in an industrial region undergoing structural transformation, the economy of which depends for the large part on coal mining and the use of coal. The city district of Jiaxing-Xiuzhou represents a typical aspiring city on China's East coast with a high level of industrialisation and development.

The energy concepts were developed by a consortium of Fraunhofer Institutes – the Fraunhofer Institutes for Construction Physics (IBP), Energy Economy and Energy System Technology (IEE) and Solar Energy Systems (ISE) – in close cooperation with Chinese partners and local city representatives.

An essential part of any energy concept is to draw up an individual planning basis based on an overall status quo analysis of the communal energy, transport and heating sectors, for the future development of energy supply and demand with the aim of reducing the locally generated CO2 emissions. The initial situation of the city having been studied, the political objectives regarding future (economic) development as well as the existing energy saving, energy efficiency and renewable energy potential are taken into consideration here. Based on this status quo analysis, future scenarios for energy supply and demand are deducted and practical ways and means to achieve these goals are demonstrated in the concepts. The integrated energy concepts therefore provide city governments with courses of action for promoting the local energy transition. Long-term objectives, as well as the catalogues of action derived from these, serve as a basis for decisions on the development of the urban infrastructure and offer industry security for the associated investment decisions.

The following chapters first present the contents of the respective integrated energy concepts. Graphic overview of the respective catalogues of measures can be found as "measure panoramas" in the sections "Dunhuang: On the way to a totally CO2-free energy system" (pg. 18), "Xintai: From industrial mining area to low-emission economic region" (pg. 34) and "Jiaxing-Xiuzhou: Energy transformation despite limited potential" (pg. 52). In a final chapter, the monitoring concept developed to ensure, check the progress of and measure the effectiveness of implemented measures is presented. Continuous monitoring is the basis for continuous further development and optimisation of the created energy concepts and catalogues of measures and closes this report. Please see the Executive Summary for a brief look at the key contents.

THE ENERGY CONCEPT FOR DUNHUANG



1. DUNHUANG – TOURIST ATTRACTION IN THE GOBI DESERT

Dunhuang is an oasis city on the Silk Road, sitting picturesquely in the middle of the Gobi Desert. As an independent city, it belongs to the administration zone of the prefecture-level city of Jiuquan in the West Chinese province of Gansu. Dunhuang was formerly an important centre on the Silk Road trade routes.

Thanks to the beauty of its sights, Dunhuang is a major tourist attraction. The nearby Mogao Caves, the "Echoing Sand Mountains" and the Crescent Lake, for example, are famous.

The city areas lies at an average altitude of 1,139 m above sea level. The area of the oasis is 1,400 km² which accounts for only 4.5% of the total area. In all, a little more than a third (11,621 km²) of the Dunhuang region are nature reserves or building prohibition areas.

The gross domestic product of Dunhuang was 11.3 billion RMB (about 1.5 billion EUR) in 2015. The commercial, trade and services sector took up the largest part of Dunhuang's economy with 54.6%. Industry accounted for 32.7%, agriculture for 12.4%.

The continental climate of the temperate zone prevails for the greater part of the city of Dunhuang. The distinctive features are drought, low precipitation, high evaporation, large temperature differences between day and night and long periods of sunshine. The four seasons differ considerably. The spring is warm and windy, the summer very hot, the autumn cool, and the winter cold.

DUNHUANG CLIMATE DATA

Mean annual rainfall	39.9 mm
Evaporation	2,486 mm
Hours of sunshine in 2015	3,247 h
Mean annual temperature	9.4 °C
Mean monthly maximum temperature (in July)	24.9 °C
Mean monthly minimum temperature (in January)	-9.3 °C
Maximum temperature	43.6 °C
Minimum temperature	-28.5 °C
Average duration of the frost-free period	142 days

2. THE INITIAL ENERGY SITUATION OF THE CITY

The geographical location near to the Gobi Desert and the resulting climatic conditions have a strong effect on the city's energy system. In addition to the electricity and transport sector, the dominant role of the heating sector in the final energy consumption is a focal point here.

2.1 CURRENT SITUATION: ENERGY CONSUMPTION

The large fraction of the heating demand in the city's final energy consumption is a salient peculiarity of Dunhuang. The heating demand is divided into heating, hot water and process heat demand and accounts for a total of 3.2 TWh per annum and thus almost 75% of the final energy demand. Large quantities of process heat are required for processing vanadium-pentoxide resources and for cement production. But the need for thermal heat still takes up the largest part of the heating demand.

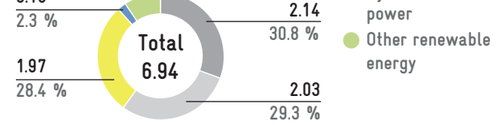
The city's heating power stations cover about 13% of the heating demand. In addition, it can be assumed that part of the heat and cold is provided by decentralised generators such as hot-air fans, wood fires, air conditioning systems etc. which do not appear in the statistics.

The city's electricity consumption is divided up into about a third each for private households, use in public and commercial buildings and consumption in industrial and agricultural production. The city's electricity demand increased between 2010 and 2015 from 169 GWh by 82% to 307 GWh.

DUNHUANG'S ENERGY CONSUMPTION IN 2015

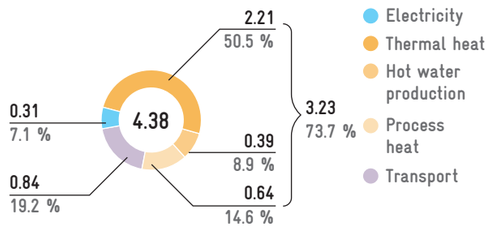
Primary and final energy consumption

PRIMARY ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



Percentage of renewable energy : **11.5 %**

FINAL ENERGY DEMAND (in TWh/a)

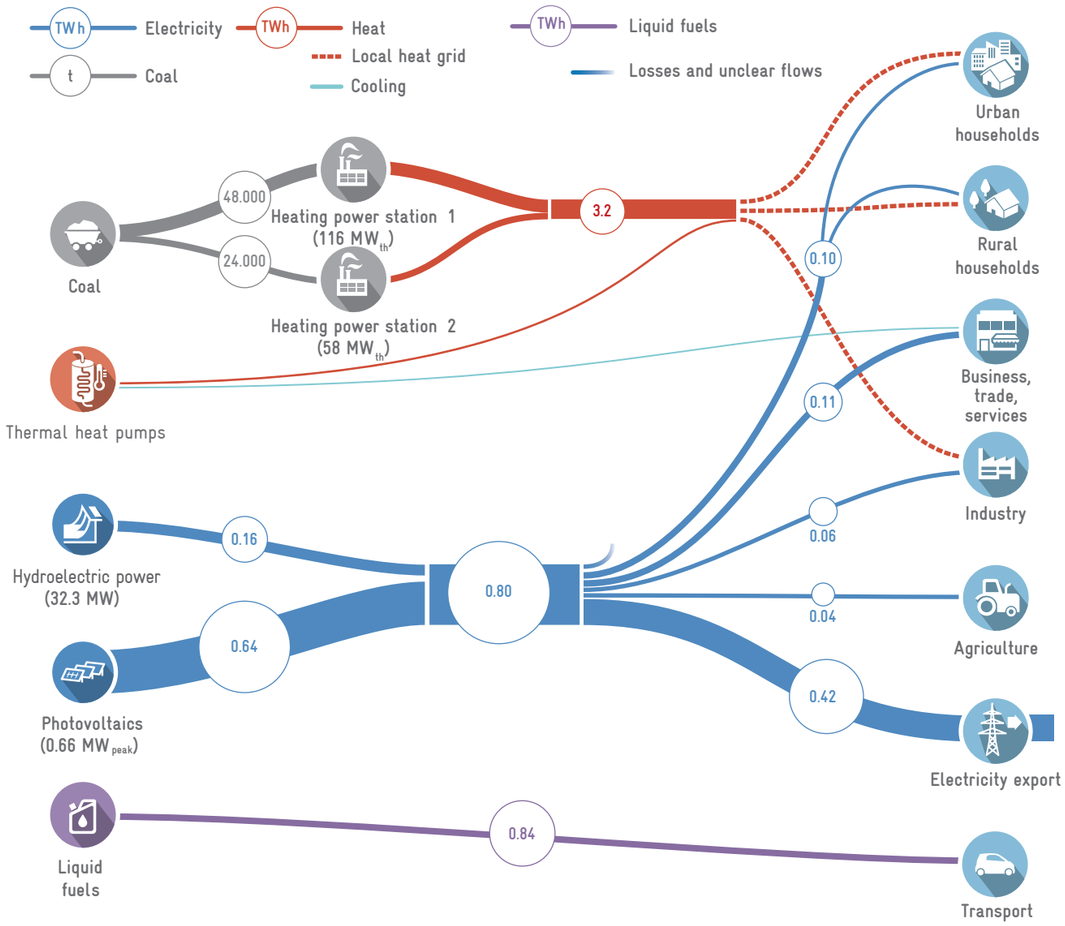


Percentage of renewable energy : **18.3 %**

Dunhuang has a distinct electrical base load[4] which exists all day, even in the middle of the night and the early morning. Only a small part of this is due to street lighting. The origin of the rest of the base load cannot be determined conclusively from the available data. It probably comes from private households (refrigerators, air conditioners and electric heaters, etc.).

Private motor vehicles are far ahead in the energy consumption of the transport sector. Their share in the energy consumption in the transport sector was 97% in 2015. Freight traffic accounts for only 2.4% and local public transport for only 0.6% even.

THE ENERGY FLOWS IN DUNHUANG IN 2015



4 The base load is the minimum level of demand on an electrical grid during one day

© City of Dunhuang

Photovoltaic open space system in Dunhuang

2.2 CURRENT SITUATION: ENERGY SUPPLY

In order to cover energy demand in the heating and transport sectors, Dunhuang imports coal, natural gas and liquid fuels. In the electricity sector, however, the city is an exporter. Dunhuang produced 800 GWh of electricity in 2015 but only consumed 307.4 GWh which corresponds to about 7% of the total final energy consumption of 4,377 TWh.

Electricity supply with emphasis on solar electricity

The major electricity producers in Dunhuang are photovoltaics and hydroelectric power. There are no conventional power stations, wind energy plants, biomass plants or larger energy storage systems at the present time. Electricity production increased considerably between 2010 and 2015.

Dunhuang has large open space photovoltaic systems with a rated power of 663 MW_{peak} which produced 640 GWh of solar electricity in 2015. Further expansion of photovoltaic systems is planned for the years to come.

The large quantities of electricity from photovoltaic systems offer Dunhuang the opportunity to cover urban energy consumption from their own sources. A decisive factor for a future-orientated and sustainable energy concept of the city is therefore whether and how much solar electricity Dunhuang will consume itself or export. Solar thermal electricity production is also important for Dunhuang's energy supply. So far, 220 MW installed capacity have already been approved, of which 20 MW are under construction and will probably go into operation soon. According to Dunhuang's 13th Five-Year Plan, the solar thermal power station capacity will expand to 1 GW by 2020.

In addition, there are several hydroelectric power stations in Dunhuang on the River Dang. Seven plants are already in operation (total power of 32.2 MW). They achieved an annual energy yield of 160 GWh in 2015. Two other plants with a total power of 8.6 MW are in the planning stage. It is planned to increase the installed capacity to 100 MW by 2020.

Heat and cold supply both decentralised and central

The central district heating supply in Dunhuang is provided by heat grids. Dunhuang's two thermal power stations with a rated power of 116 MW and 58 MW respectively went into operation in 2010 and 2015. The thermal power stations supplied heat to 2.74 km² of building area in 2015. Of this, 2.19 km² are private households and 0.56 km² public and commercial buildings. The heating supply area increased between 2010 and 2015 from 0.4 to 2.74 km². The main heat distributors are radiators; underfloor heating can be also be found in new buildings in rare cases. The thermal power stations regulate the temperature of the heat grids centrally. The supply temperature and grid pressure are adapted according to the outside temperature. There is usually no individual regulation on radiators or underfloor heating.

For the decentralised heating supply, small wall gas boilers are used which are installed in individual households and can be switched on and off flexibly as required.

Cold supply comes mainly from decentralised air conditioning systems in every household. Only a few residential buildings and hotels have a central air conditioning system. Dunhuang's water supply company uses a thermal heat pump for cooling 28,000 m² of building area.

Geothermics have played no significant role in Dunhuang's heating and cold supply so far. The use of water spring and ground heat pumps is not yet widespread. Nevertheless, there are a few smaller demonstration projects. In 2013, for example, a ground water heat pump of the water supply company went into operation and was to be followed by another one in 2017. Both of them use ground water close to the surface with a temperature of 11 to 13°C to supply heat with a temperature of 50°C and cold with a temperature of 7°C. The heat is fed into the heat grid. In addition, several ground heat pumps went into operation between 2012 and 2014.

Mainly fossil energies in the transport sector

There were 29,892 private vehicles, 1,785 public transport vehicles and 898 freight transporters in Dunhuang in 2015. A total of 5.04 million people and 2.46 million tons of goods were transported. Energy demand in the transport sector is covered primarily by fossil fuels.

3. POTENTIAL FOR EXPANSION OF RENEWABLE ENERGY

Dunhuang offers ideal conditions for supplying both itself and neighbouring cities with wind and solar energy. Because the city has very large areas that are suitable for building wind power stations and open space solar energy systems. This distinguishes Dunhuang from densely populated cities such as Jiaxing-Xiuzhou and Xintai, for example, in which the potentially useful areas are rather limited by the very dense infrastructure. In addition, Dunhuang not only has a lot of room for wind and solar power stations but also very good weather conditions for high yields.

3.1 WIND AND SOLAR ENERGY

The potentially useful area for open space installations (wind power, photovoltaics and CSP) is very expansive with 14,416 km².

The area potential for rooftop installations (photovoltaics, solarthermics) is given by Dunhuang's settlement area. This is 68.13 km² of which an estimated 5%, that is 3.4 km², is suitable for the installation of rooftop systems.

How much power from renewable energy systems can be installed in the areas depends on the size of the usable area and a technology-specific area requirement. The potential energy yields are determined with the help of weather data and simulation models for the conversion of the weather data into electrical or thermal power.

3.2 OTHER RENEWABLE ENERGY SOURCES

Dunhuang has other potential for the utilisation of renewable energy sources in addition to wind and solar energy.

Biomass

Biomass, for example, can be used both for generating electricity and for providing heat with high temperatures and for fuel production. However, it has a rather low area efficiency and the production of energy plants often stands in direct competition to food production. Since no detailed information about Dunhuang's agricultural production structures is available, the biomass potential analysis concentrates on the assessment of the energy potential from waste materials for which estimates exist.

POTENTIALS[5] FOR WIND AND SOLAR ENERGY USE IN DUNHUANG

	Installable capacity in GW	Potential energy yield in GWh/a	Remark
Wind energy systems	144	300,000	–
Open space photovoltaic systems	480.5	837,000	–
CSP open space space systems (electric)	–	1,005,000	No power can be specified for CSP systems. The electrical power is decoupled from the absorber power by the thermal storage device. Therefore, the actual technical design of the complete power station is always decisive here.
CSP open space systems (thermal)	–	3,392,000	
Rooftop photovoltaic systems	0.48	836	Approximately 2.7 times the annual electricity consumption of Dunhuang could be covered by the energy yield in 2015.
Rooftop solar thermal systems	2.9	4,735	This potential heat quantity is more than double the heating demand of Dunhuang in 2015.

Dunhuang's agricultural industry leaves behind 150,000 t of plant waste per year. This is mainly straw from agricultural plants (cotton, grapes, vine cuttings, corn, sunflowers). Since the energetic utilisation of plant waste also leads to competition with agricultural uses (litter, soil improvement), a salvage quota of 50% is assumed. Waste material from livestock farming (liquid manure) is also available. The achievable salvage quota from stable livestock keeping is much higher than from (seasonal) pasture keeping.

Kitchen and domestic waste in Dunhuang amount to approximately 70,000 tons of household waste annually of which about 50,000 tons are suitable for biogas production. It is assumed that this is mainly kitchen waste. This can be fermented into biogas both in small decentralised plants and in larger (semi-)central plants. A total energy yield of between about 300 and 660 kWh/t of kitchen waste is possible depending on the used technology. The rest of the domestic waste volume of 20,000 t per annum can be considered energetically useful/combustible and has an average calorific value of 1 to 3 kWh/kg.

Since the waste is mainly used for landfill at the moment, alternative use of the waste would also be reasonable ecologically and not only energetically.

POTENTIAL[6] FOR THE UTILISATION OF OTHER RENEWABLE ENERGY IN DUNHUANG

	Installable capacity in GW	Potential energy yield in GWh/a	Remark
Agricultural biowaste	–	0.262	To what degree the recovery of bioenergy sources from waste material in Dunhuang would be economically positive must be investigated. The transport costs are a cost driver.
Biowaste from livestock production	–	210	
Kitchen waste	–	25	It should be examined whether the use of waste for bioenergy production is economically useful in Dunhuang. It is also important here what the waste is composed of and whether it is suitable for biogas production.
Remaining household waste	–	60	
Hydroelectric power	0.1	497	Enhanced energy potential from hydroelectric power by additional expansion will not be determined for the energy concept. A detailed analysis of the resources is not possible owing to lack of data (flow volumes, annual cycles, etc.).

5 The listed values are maximum values. There are utilisation rivalries between some potential utilisations. For example, only either a photovoltaic system or a CSP system can be installed in an area but not both.

6 The listed values are maximum values.

3.3 GEOTHERMICS AND THERMAL HEAT PUMPS

In the year 2000, a hot spring, the Yitanghu Spring, was discovered in the Wudun district of Dunhuang. With a relatively high temperature of 52°C at a depth of 1,600 m, the spring has a very good use value. It is 20 km away from the Dunhuang city area. It would therefore be useful to examine the cost effectiveness of this spring for supplying energy to nearby buildings. Other test drillings have already been made, for example, in the Dunhuang tourist centre.

Due to the great potential for generating electricity from wind and solar energy, it would also be interesting for Dunhuang to use electricity for the heating and hot water supply in buildings. Unlike electric direct heaters, thermal heat pumps draw a large part of the energy from environmental heat (water, air, ground heat) and therefore represent an increasingly environmentally friendly option for the heating supply.

Hydroelectric power and pumped storage

In addition to seven existing hydroelectric power stations, the building of another six new power stations on the River Dang is planned by 2020 so that the total installed hydroelectric power in Dunhuang will then be 100 MW.

Pumped storages are ideal component parts of the energy supply in many cases due to their high storage volume and relatively low costs. However, the geographical demands are high so that the potential for the installation of pumped storages is only very low in many places. The demands refer, among other things, to a sufficient difference in altitude between generators and reservoirs and the nature of the substrate.

Because the slopes of the mountains bordering the river near Subei, just before the Dang emerges into the plain of Dunhuang, are very steep and high, they are a potentially interesting region for pumped storage. It would be worth investigating whether pumped storage could be considered here for an energy concept and whether the use would be ecologically and economically feasible and reasonable.

4. DUNHUANG'S FUTURE FINAL ENERGY CONSUMPTION: THREE SCENARIOS

The information about the initial energy situation of the city and the potential for expansion of renewable energy presented in the previous chapters form the basis for the future energy system for Dunhuang.

The aim of the energy concept for the city of Dunhuang is an energy supply based 100% on renewable energy and totally CO2-free. The target years for the concept are 2020 and 2025 and all sectors (electricity, transport, heating) are considered. In view of the technical and economic challenges, the goal "100% renewable" would definitely seem very ambitious by 2025.

Three different scenarios are considered for the estimation of the future energy consumption.

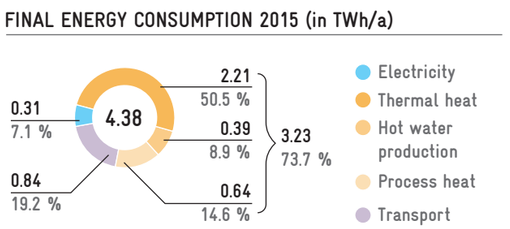
4.1 MOST PROBABLE: THE BASIC ENERGY CONSUMPTION SCENARIO

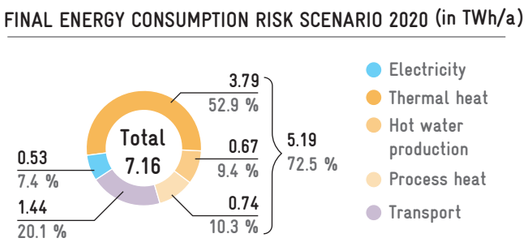
The basic energy consumption scenario reflects the goals of Dunhuang's existing planning for the year 2020 with regard to the assumed economic development. Above all, it envisages a growth in the tourism sector and in the industrial sector due to high investments.

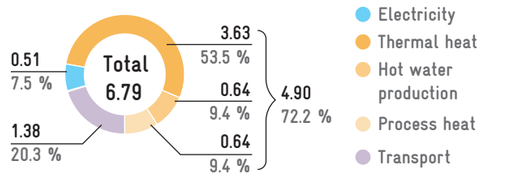
The development outlined in the scenario would mean an annual increase in the final energy consumption of approximately 7.1% from 2015 onwards. Because of the assumed growth in the service sector, the increase is also ascribed to consumption sectors that are not exclusively industrial: Electricity consumption, energy consumption for transport as well as hot water and heating consumption. The assumed growth in industry also contributes to the increase in these consumption sectors. Process heat is rated as purely industrial consumption; consumption will remain constant at the 2015 level.

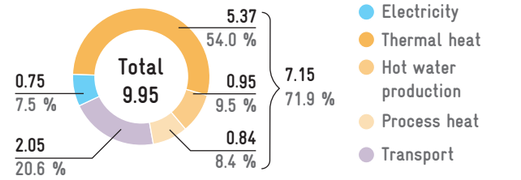
4.2 PARTICULARLY DESIRABLE: THE EFFICIENT ENERGY CONSUMPTION SCENARIO

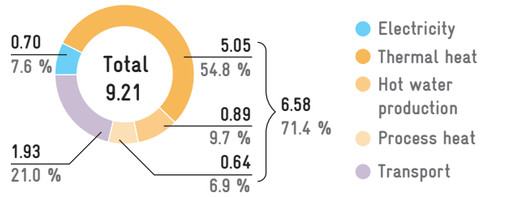
The reduction of the relative energy consumption and increase in efficiency are the ideal way towards a modern and clean energy supply. The efficient energy consumption scenario therefore places emphasis on possible energy saving measures and anticipates a particularly desirable development for Dunhuang with regard to its economic evolution and its energy consumption. The scenario assumes a considerable increase in the service sector as well as optimisation of the industrial structure and increased productivity.

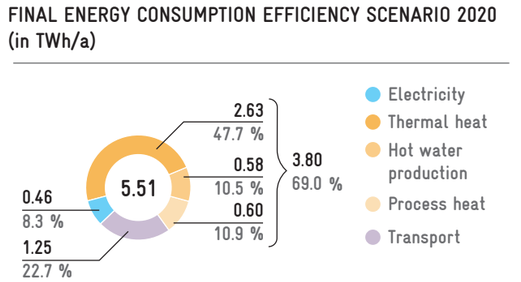


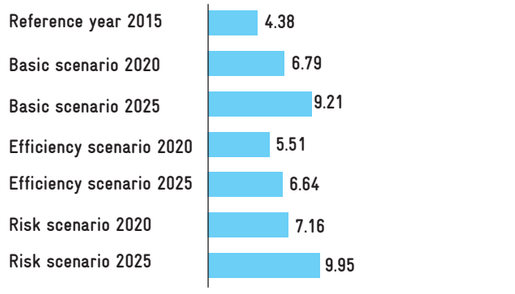


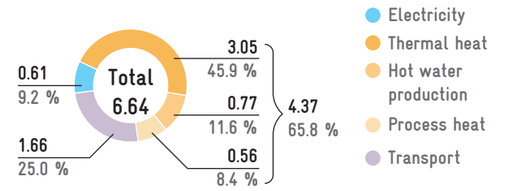












The efficiency measures of the scenario lead to heating taking up a lower percentage of the final energy consumption than in the other two energy consumption scenarios. Process heat, rated as purely industrial consumption, is reduced annually by 1.26% in the efficiency energy consumption scenario due to the decline in the energy-intensive industry and the weaker industrial sector in comparison with the basic scenario.

4.3 SUBOPTIMAL: THE ENERGY CONSUMPTION RISK SCENARIO

The energy consumption risk scenario projects a suboptimal development with regard to the economy and the energy consumption of Dunhuang. The risk scenario foresees a decline in investments, an increase in the energy-intensive industry and a decline in the service sector.

The risk scenario assumes that the process heat rated as exclusively industrial consumption will increase annually by 3.15%. This is deduced from the stronger industrial sector in comparison with the basic scenario and, above all, from the more energy-intensive industry. Nevertheless, the percentage of process heat in the total energy consumption will decrease due to the other consumer sectors growing even stronger.

5. DUNHUANG'S FUTURE ENERGY SUPPLY

Five energy supply scenarios were developed for Dunhuang's energy supply for the year 2025: a Business-As-Usual scenario (BAU) as well as four 100% renewable energy scenarios.

5.1 FIVE ENERGY SUPPLY SCENARIOS

The five energy supply scenarios for Dunhuang are based on the three explained energy consumption scenarios.

BAU 2020/BAU 2025

The BAU scenario takes the current plans for the expansion of renewable energy in Dunhuang into consideration. The scenario refers not only to the year 2025 but also additionally to the year 2020.

The BAU-2020 energy supply scenario includes the entire installed photovoltaic power in the Dunhuang solar park. A solar thermal power station (a solar tower power station) is also assumed in the scenario which is also located in the Dunhuang solar park and achieves 1 GW rated electrical power. The total installed wind energy capacity is installed in the Beihu wind park; a total of 2.1 GW is planned upon completion. The total installed hydroelectric power capacity is on the River Dang.

The BAU-2025 scenario represents a continuation of BAU 2020. The growth in wind energy and photovoltaics that will be necessary from 2015 to achieve the values of the BAU-2020 scenario will be continued for the period from 2020 to 2025. With regard to the solar thermal power station and hydroelectric power, BAU 2025 and BAU 2020 do not differ, i.e. no further expansion is assumed for the period from 2020 to 2025.

"Clean Dunhuang"

In the "Clean Dunhuang" energy supply scenario, Dunhuang is a city in which no more fossil fuels will be used in 2025.

SUPPLY SCENARIOS FOR DUNHUANG

	Year	Name of the supply scenario	Basic consumption scenario	Percentage of renewable energy in energy consumption[7]
1	2020	BAU 2020	Base	63.0 %
			Efficiency	69.3 %
			Risk	62.8 %
	2025	BAU 2025	Base	67.1 %
			Efficiency	75.5 %
			Risk	66.0 %
2	2025	"Clean Dunhuang"	Base	100 %
3	2025	Complication scenario	Risk	100 %
4	2025	"Energy-efficient Dunhuang"	Efficiency	100 %
5	2025	Thermal heat pump scenario	Efficiency	100 %

7 Both the BAU scenario and the 100% scenarios manage without conventional power stations in Dunhuang. However, in the BAU scenario 2025, electricity partly from conventional power stations will sometimes have to be imported from other regions.

INSTALLED CAPACITY (GW) AND ANNUAL ENERGY YIELDS (TWH/A) OF THE ENERGY SUPPLY SCENARIOS IN COMPARISON WITH 2015

	2015		BAU 2020		BAU 2025		„Clean Dunhuang"		„Energy-efficient Dunhuang"		Complication scenario		Thermal heat pumps scenario	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Coal-fired heating power	0.17	3.2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Wind energy	–	–	2.00	4.14	4.00	8.28	17.50	36.23	11.50	23.81	19.00	39.33	5.50	11.39
Photovoltaics	0.66	0.64	2.10	3.62	3.54	6.10	14.50	25.00	8.50	14.66	15.50	26.73	2.50	4.31
Hydroelectric power	0.03	0.16	0.10	0.50	0.10	0.50	0.10	0.50	0.10	0.50	0.10	0.50	0.10	0.50
Biomass (heat)	–	–	–	–	–	–	0.07	0.29	0.07	0.29	0.07	0.29	0.07	0.29
Solar thermal power station	–	–	1.00	1.99	1.00	1.99	1.00	1.99	1.00	1.99	1.00	1.99	1.00	1.99
Solar panels	–	–	–	–	–	–	1.45	2.25	1.45	2.25	1.45	2.25	1.45	2.25
Power-to-Heat devices	–	–	–	–	–	–	6.58	5.18	3.21	3.06	7.20	5.69	0.00	0.00
Geothermics or thermal heat pumps	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0.73	0.73
Energy storage devices	–	–	–	–	–	–	0.09	0.008	0.07	0.007	0.10	0.009	0.07	0.06
Thermal storage devices	–	–	–	–	–	–	4.50	0.70	1.90	0.28	5.00	0.79	0.40	0.03

The scenario is a further development of the BAU2020 scenario. It enables a 100% renewable energy supply for Dunhuang every hour of the day for 2025 and requires no energy imports. It achieves this goal by installation of high photovoltaic and wind energy capacities, by the use of short-term storage systems and utilisation of bioenergy and solar collectors as new sources of energy. But the high photovoltaic and wind energy capacities also mean that Dunhuang will produce high electricity surpluses at many times which can be exported if necessary.

The installed wind power outputs in the scenario are in the planned wind parks, whereby the wind park areas may have to be built up more densely than is planned for the Beihu wind park. The installed photovoltaic powers are in the extended Dunhuang solar park.

"Energy-efficient Dunhuang"

The "Energy-efficient Dunhuang" scenario is also a 100% scenario. However, it achieves this goal not only by expanding renewable energy production but also by reducing energy consumption. It assumes energy-efficient economic growth and the implementation of energy saving measures in Dunhuang. Much lower installed capacity and energy yields of renewable energy and short-term storage systems are required in comparison with the "Clean Dunhuang" scenario. In principle, the locations of energy producers do not differ from the "Clean Dunhuang" scenario, but smaller areas are required in the case of wind energy and photovoltaics.

Complication scenario

The "Complication scenario" assumes that Dunhuang will have an extremely high energy consumption in 2025. Nevertheless, the complication scenario will also achieve the goal of 100% renewable energy supply for Dunhuang for all hours of the year 2025 even though the high energy consumption makes it difficult to achieve this goal. Consequently, higher installed capacity and higher energy yields of renewable energy and short-term storage systems are necessary in comparison with the "Clean Dunhuang" scenario. In principle, the locations of energy producers in the complication scenario do not differ from the "Clean Dunhuang" scenario, but larger areas are required in the case of wind energy and photovoltaics.

ESTIMATED COSTS OF THE ENERGY SUPPLY SCENARIOS

	BAU 2020	BAU 2025	„Clean Dunhuang"	„Energy-efficient Dunhuang"	Complication scenario	Thermal heat pump scenario
Total investment from 2016 in billion RMB	40	62	227	149	243	75
Annual running and maintenance costs in billion RMB	1.2	1.5	3.8	2.7	4.0	1.7
Total annual costs in billion RMB	5.1	7.6	26.6	17.7	28.5	9.2

Thermal heat pumps scenario

The "Thermal heat pumps scenario" is a special case. Although it is also a 100% scenario, it assumes, in contrast to the other scenarios, the use of thermal heat pumps on a large scale. Therefore, electricity demand is much lower than in the "Energy-efficient Dunhuang" scenario due to the high efficiency of the thermal heat pumps by utilising environmental heat.

Because of the low energy consumption and the high installed capacity of extremely efficient thermal heat pumps, the thermal heat pump scenario represents an "ideal" scenario, in which Dunhuang will achieve a 100% renewable energy supply at all hours of the year with relatively low installed capacities. The thermal heat pump scenario is therefore the antithesis to the complication scenario.

Comparison of scenarios

The annual totals of the energy yields in the energy supply scenarios are much higher than the annual totals of the energy demand which are between 6.64 and 9.95 TWh for the year 2025 depending on the consumption scenario. For the BAU-2020 scenario, depending on the energy consumption scenario, 43% to 86% more energy will be produced than final energy is consumed. However, this is only approximately 9% for the primary energy consumption. Depending on the energy consumption scenario, this will amount to 69.6% to 154.1% more energy in the BAU-2025 scenario.

The difference between production and consumption is much greater for the 100% scenarios. The production is approximately 7.2 times higher than the energy consumption in the "Clean Dunhuang" scenario. In the thermal heat pumps scenario, the energy production is 3.1 times higher than the final energy consumption. The primary energy consumption is only marginally higher than the final energy consumption in the 100% scenarios. All 100% scenarios therefore have very high electricity surpluses for electricity export because only a small part flows into the energy storage systems and is used for the power-to-heat technology or for thermal heat pumps.

It should be noted that the necessary installed capacity for a city of Dunhuang's size is very high. The financing of the new energy supply system also presents a challenge. The total annual costs range between 5.1 and 28.5 billion RMB depending on the scenario. By comparison: The gross domestic product of Dunhuang was 11.3 billion RMB (about 1.5 billion EUR) in 2015.

5.2 THE ELECTRICITY SUPPLY

None of the supply scenarios assume that conventional power stations will be used for generating electricity. However, in the BAU-2025 scenario, electricity partly from conventional power stations will sometimes have to be imported from other regions to cover electricity demand.

Electricity production

In Dunhuang, wind energy is the ideal supplement to the existing electricity production by solar energy because, on the one hand, the wind conditions in the region are generally good and, on the other hand, the wind also blows at night when no solar electricity is produced. Wind energy therefore also covers part of the energy demand at night. It therefore makes sense to expand wind energy increasingly and with priority in order to achieve a 100% renewable and emission-free energy supply for Dunhuang.

Wind energy and photovoltaics

There was no wind park in the Dunhuang region in 2016. But seven wind parks are planned. With the area requirement value of 0.4667 km²/MW, 8.742 GW power can be installed in these planned wind parks. With a denser building development with the area requirement value of 0.1 km²/ MW common in Germany and internationally, even 40.8 GW could be installed.

Dunhuang already has an enormous photovoltaic park with 660 MW installed capacity and an area of approximately 24 km² in 2016. Areas of 75 to 560 km² are planned in the supply scenarios to install powers of 3.5 to 15.5 GW. These large areas in fact do exist in Dunhuang and have excellent sunshine in addition to that. Nevertheless, the implementation of solar parks on this scale presents an immense and unprecedented task.

Solar thermal power station

There is a solar thermal power station (solar tower power station) in all of the energy supply scenarios. With an installed capacity of 1 GW, the planned power station is one of the biggest, if not the biggest in the world. The power station has a thermal storage system of 4 hours and is therefore able to store energy during the day and generate electricity at night. The electricity production is limited to 1 GW. About 9% of the energy saved as heat is lost through storage losses.

The energy supply scenarios foresee no further expansion of solar thermal power stations by 2025 because the planned power station is already considered to be extremely ambitious. It must also be considered that the mirrors of such a power station have to be cleaned up to twice a day. It is doubtful whether Dunhuang has enough water resources for this. This will have to be investigated more closely before building the power station and a sustainable cleaning concept must be developed.

It is not planned to connect the power station to the heat grid. However, in view of Dunhuang's high heating demand, it is recommended to consider connecting it to the heating grid both from an economic point of view and in terms of the heat losses.

Bioenergy

Utilisation of bioenergy is not planned in the BAU scenario. The 100% scenarios, on the other hand, assume almost full exploitation of the bioenergy potential in Dunhuang. These are approximately 210 GWh from livestock production waste, approximately 0.26 GWh from plant waste, about 25 GWh from kitchen waste and about 60 GWh from remaining household waste per year.

The generated biogas can be converted into electricity and heat by CHP stations. But it can also be cleaned in treatment plants to achieve natural gas quality and be fed into the natural gas grid as bio-methane (bio natural gas). Since coverage of the heating demand is the big challenge for Dunhuang, bioenergy is also used in the heating period, i.e. in winter, in the 100% scenarios.

Hydroelectric power

In 2015, 32.2 MW of hydroelectric power produced 160 GWh of electrical energy which gives a capacity factor of 0.57. 100 MW installed hydroelectric power are planned for 2020 so that an annual energy yield of 497 GWh will then be possible with the cited capacity factor. These values are assumed for all supply scenarios. Since no data are available for the flow volumes of the River Dang, a constant electricity feed from hydroelectric power of approximately 57 MW is assumed here.

Energy storage systems

Due to the dependence on the weather of wind and solar energy, electricity storage systems are essential components of renewable energy systems. Short-term storage systems serve for energy compensation within one or a few days, long-term storage systems for energy compensation within months or whole seasons which is why they are also called seasonal storage systems.

By using power-to-gas technologies as long-term storage systems, the summer electricity surpluses in Dunhuang could be stored and used for heating in the winter. The surplus electricity would be used to produce methane for feeding into the natural gas grid for various uses: heating, powering gas-driven vehicles and producing electricity. However, since the power-to-gas technology is still in the pilot phase in 2016 and has not yet reached market maturity technically and with regard to the costs, no utilisation of the power-to-gas technologies or other long-term storage systems is assumed for the energy supply scenarios.

Short-term storage systems in the form of batteries are planned in the 100% scenarios. These are necessary for two applications: to cover the electricity demand in times in which insufficient electricity is produced in Dunhuang and for use in electric vehicles. However, it is very rare that electricity production and electricity demand do not balance in the 100% scenarios. If it is the case, the required power and energy are relatively low. Since the 100% scenarios for

the year 2025 assume that transport will be largely electric, sufficient numbers of batteries are available to provide the maximum required power to cover the electricity demand in times of low electricity feed-in. Nevertheless, the participation of car batteries in the power supply presents a regulatory challenge. In addition to reward schemes which make the participation profitable for car owners, these large numbers of decentralised, mobile storage systems must be integrated into the energy supplier's load management and controlled compulsorily or voluntarily.

Electricity exports and electricity grids

Dunhuang has developed from an electricity importer to an electricity exporter in the years from 2010 to 2015. This trend will increase even more with the further expansion of renewable energy. These electricity surpluses and exports present a challenge for the capacity of power lines to neighbouring regions.

However, power lines need not necessarily be dimensioned to be able to transport the maximum power produced. It is often useful, for economic reasons, to build power lines with lower capacity and to accept a certain amount of electrical energy which cannot be exported but has to be curtailed.

5.3 THE HEATING SUPPLY

The greater part of Dunhuang's heating supply in the energy supply scenarios is electrical. There are many devices for electrical heating such as thermal heat pumps, electric heaters, hot-air fans and larger systems with electrode boilers or resistance boilers.

The two heating power stations that existed in Dunhuang in 2015 are no longer in operation in the energy supply scenarios for 2025.

Heat production

Thermal heat pumps are usually the ideal technology for producing thermal heat from electricity. By using environmental heat, one kilowatt-hour of electricity will often provide three of four times the number of kilowatt-hours of heat. However, the use of thermal heat pumps on a large scale is only considered in the thermal heat pumps scenario. This foresees thermal heat pumps with approximately 730 MW rated electric power. At best, the thermal heat pumps are connected with thermal storage systems or heat grids to use the electricity surpluses in the day for heating at night.

Bioenergy is used in the heating period, i.e. in winter, in the 100% scenarios. From the beginning of the heating period, it is converted into heat and supplies a constant value of 70 MW and has an annual total of about 292 GWh when it runs for approximately 4,200 hours a year.

Power-to-heat devices, especially electrode boilers, are suitable for high temperatures, for example, for process heat in industry. These are large tanks in which water is heated directly. Unlike immersion heaters, no heating rods are used here, but electrodes in salt water. At best, the power-to-heat devices are connected to thermal storage systems or heat grids for Dunhuang's future energy supply to use the electricity surpluses in the day for heating at night.

Solar collectors are ignored in the BAU scenario because of the low installed capacity. The 100% scenarios, on the other hand, assume that half of the potential for solar panels on Dunhuang's rooftops will be used. This corresponds to an installed thermal power of about 1.45GW with which approximately 2.36 TWh of thermal energy can be produced per year.

Although such a large-scale utilisation of solar panels in Dunhuang can be classed as highly ambitious, it is still a conceivable way to achieving the ambitious goal of a 100% renewable energy supply for Dunhuang. At best, the solar panels are also connected to thermal storage systems or heat grids to use the heat surpluses in the day for heating at night. The hot Yitanghu spring in the Wudun region in theory also offers an interesting option for the heating supply to the nearby residential area. However, closer investigation will be necessary to find out whether it is suitable as a source for heating. Therefore, the spring is not considered in this energy concept.

Thermal storage systems

The energy concept does not plan for any long-term thermal storage systems in Dunhuang due to the high costs. However, under different basic conditions, they could transpire to be useful or even necessary components of a 100% renewable energy supply for Dunhuang.

Short-term thermal storage systems are not considered in the BAU scenario but already play a central role in the 100% scenarios. Part of the surplus electricity produced in winter must be stored as heat in short-term thermal storage systems by means of power-to-heat technology or thermal heat pumps.

The solar panels should also have thermal storage systems. A 4-hour thermal storage system is already planned for the solar thermal power station. The heat stored in the short-term thermal storage systems is used for heating in winter especially in the evening and at night. The heating demand during the day can be covered largely directly by power-to-heat technology, thermal heat pumps and solar collectors. No thermal storage systems are required for this. The short-term thermal storage system of the planned solar thermal power station is used to generate electricity from the stored heat.

However, it would be an advantage for Dunhuang's energy supply if the solar thermal power station were to be used not only as an electricity generator but also directly for Dunhuang's heating supply in the winter. The solar thermal power station would have to be connected to the city's heat grid for this.

The other short-term thermal storage systems are only needed in winter for heating. The thermal storage systems of the solar collectors can be used to provide hot water in summer if necessary.

Heat grids

A planned heat grid will be added to Dunhuang's central heating supply area. The planned supply system consists of a heating plant, a heat exchange station and primary and secondary grids and supplies all buildings of Dongganqu as well as the entire industrial estate. This will achieve a supply area of up to 2 km² by 2020.

It is also being considered connecting the planned solar thermal power station to the existing heat grid to be able to use the heat generated there directly to cover the heating demand in Dunhuang. This avoids transformation losses (heat to electricity and electricity to heat). However, losses do occur in the heat transport. Therefore, the main purpose of the solar thermal power station is still the production of electricity.

The connection of power-to-heat devices, solar collectors and thermal heat pumps to the heat grid offers additional advantages. Any local heating surplus can be distributed through the heat grid and make heat production superfluous somewhere else.

5.4 THE ENERGY SUPPLY IN THE TRANSPORT SECTOR

A CO2-free and renewable energy supply for Dunhuang is only possible if motorised transport is completely electric. But natural gas vehicles (instead of petrol, diesel) will already reduce CO2 emissions considerably. A neutral CO2 balance is achieved with bio-fuels (renewable methane or power-to-liquid fuels).

The advantage of electromobility over transport with combustion engines is not only not only that it is free of carbon emissions but also that the resulting primary energy demand is lower by almost a half. If the combustion engine as a propulsion technology is not abandoned but the fuel is produced CO2-neutrally, the energy demand for transport will be about four times higher than for totally electric transport.

The 100% scenarios assume a completely electrified private and public transport sector whereby air transport has not been considered due to lack of basic information. Although this assumption is ambitious, it is indispensable for the declared goal of a totally emission-free energy supply for Dunhuang.

It is unrealistic to expect that freight traffic will be able to change over to electric engines because of the great distances involved. Combustion engines will still be used, whereby the use of renewable fuels is also conceivable. Electrification of freight transport would also be possible even, if it were to be relocated from road to rail.

6. MEASURES FOR IMPLEMENTING THE ENERGY CONCEPT FOR DUNHUANG

Thirty measures with different priorities have been developed for implementing the energy concept for Dunhuang. The table below provides an overview of all these measures. The benchmark data of the most important measures are outlined in the second section.

6.1 OVERVIEW OF ALL MEASURES

	Measures	Energy sector	Investment costs	Local value creation
High priority	Installation of wind power plants	Electricity	high	high
	Expansion of the photovoltaic park	Electricity	high	high
	Introduce standard requiring highest possible energy efficiency for new buildings	Heat	medium	high
	Obligation to use renewable energy for new buildings	Heat	low	high
	Promotion of thermal heat pumps	Heat	high	high
	Examination of the grid capacities for electricity export and electricity distribution	Electricity	low	high
	Installation of energy storage devices	Electricity	high	high
	Installation of thermal storage systems	Heat	medium	medium
	Promotion of solar collectors	Heat	low	high
	Promotion of electromobility	Transport	high	high
Medium priority	Building of the solar thermal power station	Electricity	high	high
	Consideration of a pumped storage power station	Electricity	low	high
	Use of bioenergy for the energy supply	Electricity	medium	low
	Renewable energy electricity utilisation for providing heat (power-to-heat)	Heat	medium	low
	Integration of renewable energy in heat grids	Heat	high	high
	Expansion of heat grids	Heat	high	high
	Founding of a renovation fund	Heat	medium	medium
	Development of the local public transport system	Transport	high	medium
	Energy efficiency consulting	System integration	low	medium
Low priority	Renewable energy cooperatives	Electricity	low	high
	Efficient lighting in the service sector	Electricity	medium	medium
	Promotion of energy management systems in the service and industrial sector	Electricity	medium	medium
	Expansion and changeover of street lighting to LEDs	Electricity	low	low
	Climate change: Adaptation measures	Heat	high	low
	Creation of low-traffic urban structures	Transport	medium	high
	Close to inner city districts and compact settlement structure	Transport	high	high
	Promotion of restrictive measures, 30 mph limit zones and pedestrianised areas	Transport	low	high
	Development of mobility stations	Transport	medium	medium
	Creation of a good cycle path infrastructure	Transport	high	medium
	Systematic data acquisition for the energy supply	System integration	low	low

6.2 The 5 Most Important Measures

The corner points of the 5 most important measures for Dunhuang are outlined below. The following aspects are considered:

- Energy sector
- Starting point/motive
- Emission/environmental effect
- Costs/cost effectiveness
- Influence on the economic development
- Concrete project proposal

Installation of at least 2 other wind parks

- Electricity sector
- Utilisation of the great existing wind energy potential
- • Direct avoidance of emissions for electricity production
  • Indirect avoidance of emissions for heat production and transport
- Able to compete with conventional electricity producers
- Possible emergence of a wind energy industry in Dunhuang
- Wind measurements in the planned wind park to estimate the energy yields

Expansion of the Dunhuang solar park, expansion he area used for photovoltaics by 3 to 4 times

- Electricity sector
- Ideal conditions for use of photovoltaics
- • Direct avoidance of emissions for electricity production
  • Indirect avoidance of emissions for heat production and transport
- Able to compete with conventional electricity producers, especially in regions with long hours of sunshine as in Dunhuang
- Strengthening of the photovoltaics industry in Dunhuang and the role of Dunhuang as a solar power exporter

New city buildings and renovation of existing buildings with standards requiring high and highest possible energy efficiency

- Heating sector
- Reduction of the very high heating demand of residential buildings
- Few to no additional emissions in the new building sector
- • Higher investments for new buildings, but also greater comfort and lower running costs
  • Costs incurred for energy-efficient renovation of existing buildings
- Development of new branches of industry such as Smart Home, automation, insulation industry
- 1. Plus energy house demonstration building
  2. Invitation to tender for a zero-emission commercial estate

Mandatory specification to use renewable energy technologies for new buildings

- Heating sector
- Exploiting the increasing building area of Dunhuang to install necessary capacities of renewable energy systems
- High building energy standard important to achieve a CO2-neutral city
- Investment costs for solarthermics, thermal heat pumps and photovoltaic systems are only marginally higher than the costs for reference systems without the use of renewable energy
- Increase in economic activity and migration of "green" companies

National or local government support for the purchase of thermal heat pumps by investment subsidies or low-interest loans

- Heating sector
- Use of high efficiency of thermal heat pumps for the heating supply
- • Avoidance of emissions for heat production
  • Reduction of the necessary capacities of electricity producers and thermal storage systems
- • Relatively high purchasing and running costs
  • Conversely: high costs avoided due to high efficiency
- Founding of companies to sell and install thermal heat pumps

DUNHUANG: ON THE WAY TO AN ENTIRELY CO_2 -FREE ENERGY SYSTEM

DUNHUANG 2025*

Population: 240,000 (2014: 142,800)
Gross domestic product: 2.6 billion EUR (2015: 1.5 billion EUR)
Renewable energy percentage of the final energy consumption: 100 % (2015: 18.3 %)

ELECTRICITY SECTOR 2025*

Annual final energy demand: 0.61 TWh
Installed power: 21.17 GW
Annual electricity production: 40.96 TWh
Annual electricity imports: 0 TWh
Annual electricity exports: 34.30 TWh
Renewable energy percentage of the electricity production: 100 %

HEATING SECTOR 2025*

Annual final energy demand: 4.37 TWh
Installed power: 6.63 GW
Annual heat/cold production: 5.60 TWh
Annual stored quantity of heat: 0.28 TWh
Renewable energy percentage of heating supply: 100 %

TRANSPORT SECTOR 2025*

Annual final energy demand: 1.66 TWh

Private and public transport fully electrified. goods transport still with combustion engines

* based on the efficiency consumption scenario and the supply scenario "Energy-efficient Dunhuang"

THE 5 MOST IMPORTANT MEASURES

Building of wind energy plants
Expansion of the photovoltaic park
Introduce standard requiring highest possible energy efficiency for new buildings
Obligation for the utilisation of renewable energies in new buildings
Promotion of thermal heat pumps

EXPANDING RENEWABLE ENERGY
SAVING ENERGY/IMPROVING EFFICIENCY
PROMOTING KNOWLEDGE AND EXCHANGE
ADAPTING AND EXPANDING THE INFRASTRUCTURE
CHANGING MOBILITY
SAVING ENERGY
Installation of the solar thermal power station
Installation of wind energy plants
Integration of renewable energy in heat grids
Introduction of energy efficiency standards
Expansion of the photovoltaic park
Use of bioenergy for the energy supply
Promotion of solar collectors
Renewable energy electricity utilisation for providing heat (power-to-heat)
Promotion of thermal heat pumps
Obligation to use renewable energy for new buildings
Founding of a renovation fund
Promotion of energy management systems in the service and industrial sector
Renewable energy cooperatives
Efficient lighting in the service sector
Expansion and changeover of street lighting to LEDs
Energy efficiency consulting
Climate change: Adaptation measures
Systematic data acquisition for the energy supply
Promotion of restrictive measures, 30 km/h limit zones and pedestrianised areas
30
Examination of the line capacities for electricity export and electricity distribution
Creation of a good cycle path infrastructure
Close to inner city districts and compact settlement structure
Creation of low-traffic urban structures
Development of the local public transport system
Development of mobility stations
Promotion of electromobility
Consideration of a pumped storage power station
Installation of energy storage systems
Installation of thermal storage systems
Expansion of the heat grids

THE ENERGY CONCEPT FOR XINTAI

1. XINTAI – CHARACTERISED BY COAL MINING

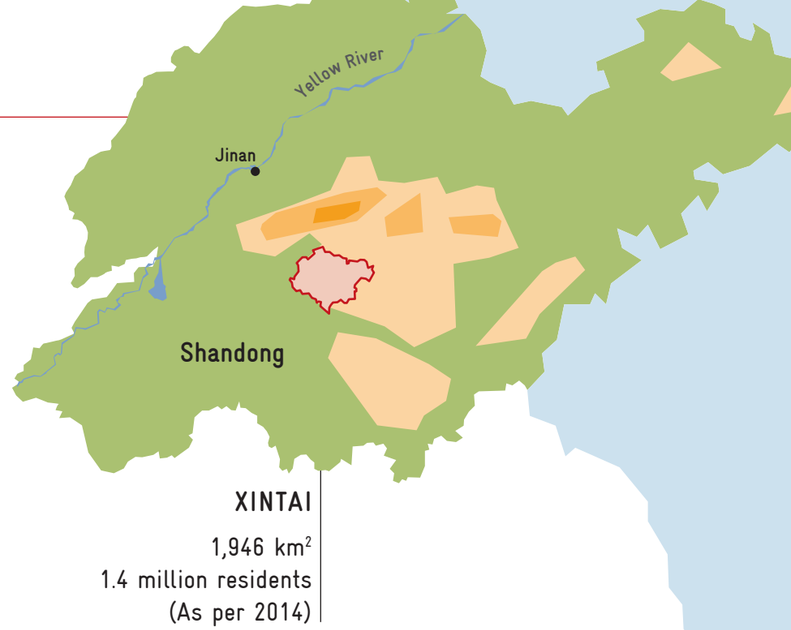
Xintai is a county-level city in Eastern China at the centre of the province of Shandong. Xintai's population has remained fairly constant over the last ten years. It can be assumed that the population will rise from the present approximately 1.4 million to 1.5 million by 2030.

The gross domestic product of Xintai was 76.9 billion RMB (about 9.77 billion EUR) in 2014. The industrial sector accounted for the largest percentage of Xintai's economy with 51%. Business, trade and services accounted for 42%, followed by agriculture with 7%. The three most important areas of the industrial sector are mining, production and energy production. Mining is dominated by coal with 84% but this will decline in importance increasingly in the future. Therefore, Xintai's economic development is based on coal reserves and energy supply is also derived to a large extent from coal. The continual exhaustion of the coal reserves as well as the associated structural transformation, however, present great challenges for the city.

Xintai has a warm, moderate monsoon climate with four seasons. There is far less rain in winter than in summer. The outside temperatures are subject to heavy fluctuation so that Xintai has both a considerable heating demand and a considerable cooling demand. The average daily temperature on a total of 65 days in the summer months is above 24 °C, 11 days of which even have a daily average of 28 °C.

XINTAI CLIMATE DATA

Mean annual rainfall	732 mm
Mean annual temperature	13.6 °C
Mean monthly maximum temperature (in June)	26.6 °C
Mean monthly minimum temperature (in January)	-1.7 °C
Maximum temperature	42.0 °C
Minimum temperature	-19.8 °C
Average annual hours of sunshine	2,327 h



2. THE INITIAL ENERGY SITUATION IN THE CITY

Due to the geographic location and climatic conditions in Xintai, the heat and cold sector is immensely important for the city's energy system in addition to the electricity sector. Because of the large area covered by Xintai, the transport sector also plays an important role.

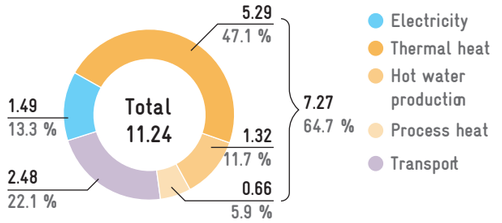
2.1 CURRENT SITUATION: ENERGY CONSUMPTION

Xintai's electricity consumption is subject to heavy fluctuations because of the strong influence of industry on the load distribution in the course of the year. These are caused by holiday periods and national holidays; there is also an increased demand for cooling in the summer. Of the three most important consumer branches agriculture, industry/production as well as business, trade and services (with the retail segment), industry accounts for the largest proportion of the electricity consumption with 80%. Agriculture has the lowest percentage (4%).

The city's total electricity consumption rose from 1.5 TWh in 2013 to around 1.6 TWh in 2015. It was 1.49 TWh in the reference year 2014. The total electricity consumption of all households was 493.59 GWh in 2014. This gives a per household electricity consumption of around 2,142 kWh per year. By comparison: In Germany, the electricity consumption of a four-person household is between 3,500 and 4,500 kWh per year.

The total heating demand for thermal heat and hot water in Xintai was around 6.61 TWh for the year 2014. The

XINTAI'S FINAL ENERGY CONSUMPTION IN 2014
FINAL ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



proportion for hot water of a typical household was about 14% of the total energy consumption of the households. Hot water accounted for about 20% of the total heating demand. The hot water demand for the whole city was therefore 1.32 TWh. Thermal heat accounted for around 5.29 TWh. Heating was provided largely by electricity or gas.

For the process heat demand, it is assumed that industrial companies generate their process heat partly by their own decentralised systems. However, insufficient data are available for a detailed study. From an estimation of the data of the district heating grids of the power station operators, it is assumed that the process heat demand in Xintai is approximately 660 GWh/a.

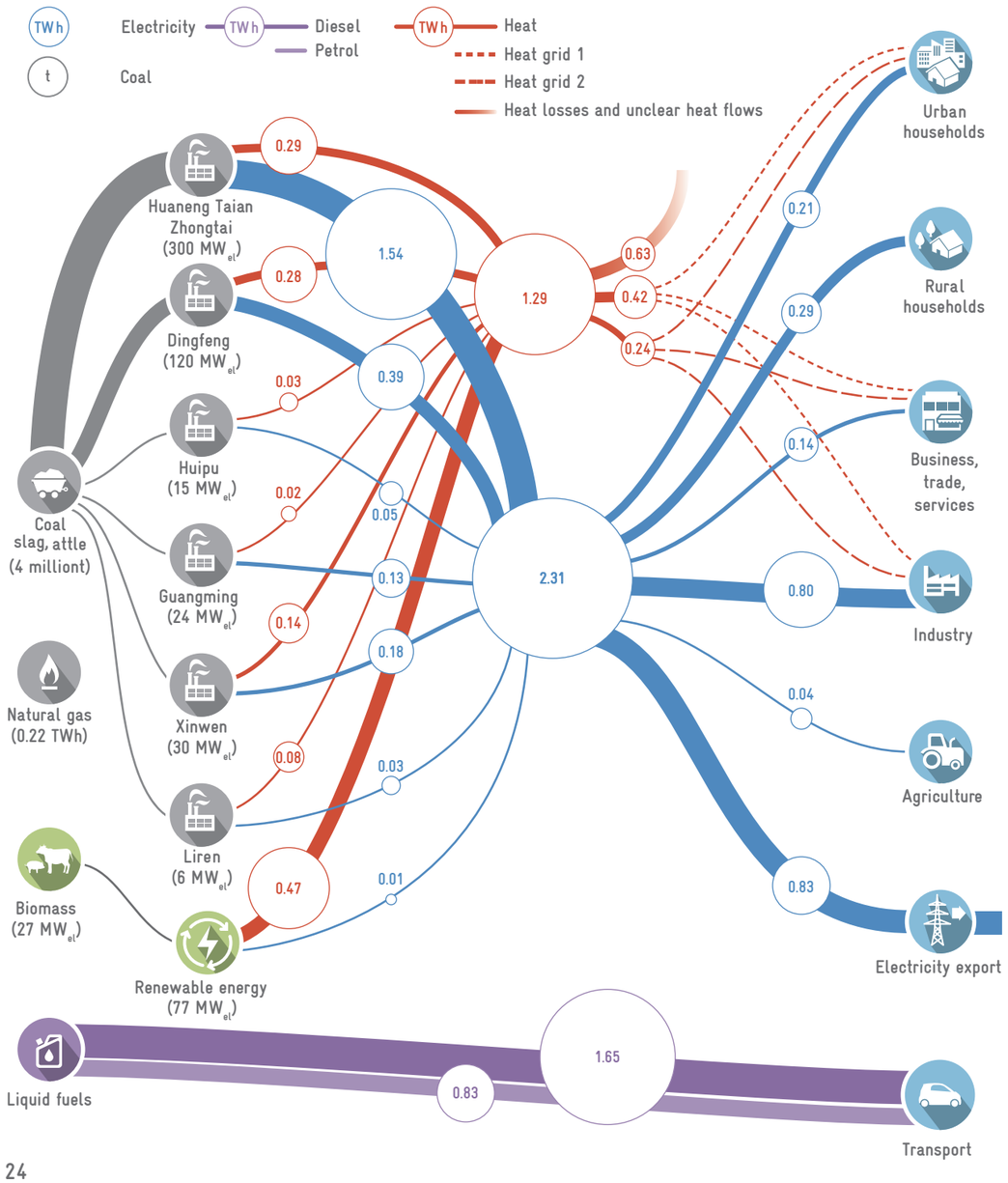
The climate in Xintai creates a considerable demand for cooling energy in addition to heating energy demand. The average daily temperatures in Xintai increase strongly from April onwards. The temperatures fluctuate heavily during the day. Even during longer hot spells, fluctuations between day and night are still at least 10 degrees Celsius.

The cooling energy demand is based on an estimate depending on the outside temperature. It was assumed that cooling is required at an outside temperature of 26 °C. This gives a theoretical cooling demand of 2.81 TWh for urban households. This has certainly not been covered completely by air conditioners so far because the people are often willing to accept less comfort due to extremely hot temperatures.

The energy consumption in local transport is made up of the fuel demand by private vehicles and commercial vehicles as well as by taxis and means of public transport such as buses and railway vehicles. Detailed information about personal kilometres are not available for Xintai. A total energy consumption of about 2.48 TWh was estimated for all means of transport for the year 2014 based on the number of private vehicles, the number of inhabitants and the demand for diesel and petrol.

THE ENERGY FLOWS IN XINTAI IN 2014

The diagram only shows those influences for which accurate data are available for the reference year 2014.



© City of Xintai

Photovoltaic open space system in Xintai

2.2 CURRENT SITUATION: ENERGY SUPPLY

Xintai is a coal mining centre and the current energy supply system is based substantially on the primary energy source of coal. All of Xintai's existing power stations produce both electricity and heat. There is little development so far in the field of renewable energy sources.

Power supplied almost exclusively by coal-fired electricity

Renewable energy only accounts for 4% of Xintai's electricity production. The power supply comes almost exclusively from coal-fired power stations. The city has nine coal-fired power stations in all. All of these power stations are combined heat and power stations (CHP stations). Together, they have an installed capacity of 543 MW and generated 2.34 TWh of electricity in 2014. The power stations are fired by attle[8] and coal slurry[9]. Attle is used in China as a fuel mainly to conserve coal resources.

Although a straw-fired biomass boiler with a rated electrical power of 27 MW exists in Xintai, the power station serves above all for heat production. The electricity production is much lower and was 96.38 GWh in 2014.

Two open space photovoltaic systems were completed in Xintai by 2015. Together, they have a rated power of 50 MW and generated a total of 24.65 GWh of electricity in 2015.

No wind energy plants and hydroelectric power stations exist in Xintai at present. However, three wind parks with a total capacity of almost 200 MW are planned by 2020. Expansion of hydroelectric power is not planned.

Mainly decentralised heat and cold supply

Information is available for Xintai about two heat grids to which a total of 1,020 buildings (with about 4 km² heated area) are connected. The number of supplied households is 40,800 which corresponds to almost 8% of all households in Xintai (530,483). The design temperatures of the heat grids for households are 95 °C/90 °C in the grid, the temperatures for radiators in the secondary grid are 55 °C/45 °C and for underfloor heating 45 °C/38 °C. The heat production of all heat-producing power stations together was 1.55 TWh for the year 2015.

Details of how the 92% of households that are not connected to the two district heating grids are heated are not known. No information about heat production systems in individual

8 Attle = slag material, wallrock which is also mined with the coal

9 Coal slurry = waste product from coal processing (coal washing)

buildings is available. Since the power stations that supply district heating are concentrated in a relatively small area, the majority of the households must be supplied decentrally. Natural gas, coal, electricity and solar heat are used as energy sources for this.

No exact data are available about what contribution the previously installed, decentralised, solar thermal hot water systems make towards the household energy supply. The report on the development of new energy in Xintai states that about 157,600 m² solar thermal collectors were installed by the end of 2014.

In addition, the Taihe Mingcheng ground thermal heat pump is used to supply two buildings of a residential area of Xintai. The thermal heat pump is supplied with 10 to 20°C hot water by 223 bore holes at a depth of 96 metres. The heating power of the geothermal source is specified as 1.1 MWth. The use of geothermics as a primary heat source for building heating is considered to be generally feasible. The use of deep geothermics for electricity and heat production, on the other hand, is not planned.

For Xintai's process heat supply, it can be assumed that it comes partly from district heating and partly from decentralised industrial plants.

Buildings are cooled exclusively by air conditioning systems, however, so that the cooling energy demand is reflected by the electricity demand.

100% fossil fuels in the transport sector

There were 236,600 private vehicles, 266 taxis, 966 buses, 700 delivery vehicles and 3,262 trucks in Xintai in 2014. It can be assumed that not all vehicles were recorded in the statistics. The actual number is estimated to be about a third higher. The current energy demand for the transport sector is covered 100% by diesel and petrol.

3. POTENTIAL FOR EXPANSION OF RENEWABLE ENERGY

The areal expansion of Xintai and the suitable topographic structure offer great area potential both for wind power and for solar energy. Xintai also has enormous potential for biomass utilisation and in the field of close-to-surface geothermics.

3.1 WIND AND SOLAR ENERGY

About 739 km² of the total area of Xintai are mountainous and largely wooded which principally offers good basic conditions for the utilisation of wind energy. With a sufficient distance of the wind energy plants away from settlements of 300 m and the possibility of also building plants in the forest areas, 3.95 GW of wind power can be installed in the Xintai region. 0.81 GW are possible with a minimum distance of 600 m from settlements and without using the forest areas.

An estimation of the area potential on residential, commercial and industrial rooftops reveals enormous potential for rooftop photovoltaics in Xintai. A total rooftop area of approximately 15.5 km² is available for installing rooftop photovoltaic systems with a potential installed capacity of 2.18 GW. Xintai will concentrate its energy strategy in the area of open space photovoltaic systems in the future. The city's planning already lists 30 projects which are to be implemented within the scope of photovoltaic expansion by 2020. Accordingly, the data for the planned photovoltaic parks in mining conversion areas have been developed in most detail and represent the greatest quantitative potential. Approximately 341 km² are suitable for building open space photovoltaic systems if a distance from settlements of 300 m is considered sufficient. The capacity that can potentially be installed in these open spaces is 11.36 GW.

Xintai also has potential for rooftop solarthermics. 5.42 TWh of thermal energy can be produced on the available rooftop areas. About 64% of this is on residential roofs and about 16% on industrial roofs. The thermal energy yields differ for technology and system reasons and are therefore more difficult to forecast than the electricity yields. Generally, solarthermics compete with photovoltaics. The roof area potential in Xintai is great enough, however, to be able to exploit both systems according to their useful areas of application. For residential buildings, the emphasis is clearly on solar thermal hot water production. The use of solarthermics for process water heating is an option for industrial and commercial buildings which should be looked into depending on the demand of the companies. Some rooftop solar thermal plants are already planned for Xintai. For apartments with low-income households, the installation of a collector area of a total of 8 km² is planned, from which an annual heat volume of 2.8 TWh for hot water results.

Open spaces immediately adjacent to residential districts which can be connected by short-line networks are particularly suitable for open space solar thermal systems which can supply settlement areas with low temperature local heat. Unfortunately, the necessary data for a concrete estimate of the potential are not available for Xintai. If the empirical values from German studies are applied, 20 to 25% of the final energy demand for building heating and hot water production could be provided from solar low temperature heat. Theoretically, the open space areas of Xintai can produce 27.72 TWh of thermal energy.

3.2 OTHER RENEWABLE ENERGY SOURCES

Xintai has further potential for the utilisation of renewable energy sources in addition to wind and solar energy. However, no data are available for the hydroelectric power potential in Xintai. Also, according to current information, there is no potential for energy storage systems (for example, pumped storage power stations or underground reservoirs such as caverns). Biomass, geothermics and thermal heat pumps do have potential, however.

Biomass

Biomass can be used both for generating electricity and for providing heat with high temperatures and for fuel production. However, biomass has a rather low area efficiency and the cultivation of energy plants often stands in direct competition with food production.

To what extent existing agricultural areas could be changed over to the cultivation of energy plants in the future, cannot be assessed based on the available data. Mining conversion areas and industrial wastelands could offer options for future production of energy timbers as short-rotation plantations. To avoid competing with food production, areas which cannot be used for feed or food production because of poor soil quality or contamination, in particular, provide potential areas. Here, energy plants can serve additionally for soil improvement and landscape preservation.

However, the cultivation of energy plants with the mentioned restrictions and problems is not the only possibility for biomass utilisation. Forest biomass, remaining materials from agriculture as well as kitchen and settlement waste can also be used for energy production. The city of Xintai has about 73,667 hectares of forests so that an average annual biomass of 11.7 Vm³/ha can be assumed. Of this, brushwood accounts for about 2.1 Vm³/ha (salvage quota about 10 %) and solid wood for about 7.6 Vm³/ha (of which approx. 15% can be used for energy purposes, for example as firewood). This gives a total energy potential of 40,277 t/a. This corresponds to an energy volume of around 161 GWh/a.

Agricultural waste is left over in Xintai from the cultivation of wheat, corn, sweet potatoes, peanuts or cotton. Since the energetic utilisation of agricultural waste also leads to competition with agricultural uses (litter, ground improvement), a salvage quota of 50% is assumed. This gives an energy potential of around 1.23 GWh/a.

Waste material from livestock farming (liquid manure) is also available. The achievable salvage quota from stable livestock

POTENTIAL FOR WIND AND SOLAR ENERGY UTILISATION IN XINTAI

	Installable capacity in GW	Potential energy yield in GWh/a
Wind energy systems incl. forest areas and with 300 m buffer distance	3.95	13.41
Wind energy systems without forest areas and with 600 m buffer distance	0.81	2.75
Photovoltaic open space systems without forest areas and with 300 m buffer distance	11.36	12.38
Rooftop photovoltaic systems	2.18	2.37
Rooftop solarthermics systems	–	5,425
Open space solar thermal systems	–	27,724

keeping is much higher than (seasonal) pasture keeping. For the calculation of the energy potential, it is assumed that the livestock are kept exclusively indoors and a salvage quota of around 90% can be achieved. This gives a total energy potential from waste materials from livestock production for Xintai of around 530 GWh/a. However, the city is planning to increase its livestock considerably by 2020, so that an increasing volume of liquid manure is to be expected.

The amount of kitchen waste in Xintai is calculated at about 1 kg per person per day. The values only refer to the urban part of the population (approx. 500,000 people). This gives an annual amount of kitchen waste of 182,500 t. If only half of the kitchen waste were to be assumed for the rest of the population, this would mean another 146,000 t per year. Kitchen waste can be fermented into biogas both in smaller decentralised plants and in larger (semi-)central plants. A total energy yield from kitchen waste of between about 300 and 660 kWh/t is possible depending on the applied technology. This gives a possible energy potential of 120 to 216 GWh/a for Xintai.

In addition, a waste incineration plant is currently under construction in Xintai. No relevant production data are available yet for the future useful energy volumes (electricity and/or heat) from this.

Geothermics and thermal heat pumps

The city of Xintai is planning to use geothermal heat pumps for building heating. The heating of a building area of about 5 million m² is planned by the year 2020. Further information about concrete systems and design parameters is not available so that it is difficult to estimate the total potential. This depends to a large degree on the specific geological and hydrological conditions in the ground and can fluctuate heavily within the region in the case of such a large area as the city of Xintai.

It is generally assumed that close-to-surface geothermal heat pumps can be used for building heating and process heat production in Xintai. These are both decentralised heat pumps with smaller capacity and large central heat pumps for integration into local heat grids.

4. XINTAI'S FUTURE ENERGY CONSUMPTION AND ENERGY SUPPLY

Based on the initial energy situation in Xintai in 2014, three scenarios were developed for the city. These take central development factors such as growth of population, economic development and structural changes in the agriculture, industry and service sectors into consideration. The target years for the calculations are 2020 for the short-term development and 2030 for the mid-term development.

4.1 THREE SCENARIOS FOR DEMAND AND SUPPLY

The energy production and supply differ only slightly in the three scenarios. The expansion of photovoltaic capacity from about 3 GW in 2020 to 8 GW in 2030 remains the same in all three scenarios. An installed wind energy capacity of 1 GW in 2020 and 2030 is also assumed to be the same in the studied scenarios. It was assumed that the planned installed photovoltaic capacity (8 GW in total) is divided into 2 GW for decentralised and 6 GW for central photovoltaic power stations. This would exploit the potential for rooftop installations by 100%.

Business as usual: the reference scenario

The first of the three energy scenarios for Xintai is the reference scenario. This is a business-as-usual scenario which continues the current developments and plans of the city of Xintai.

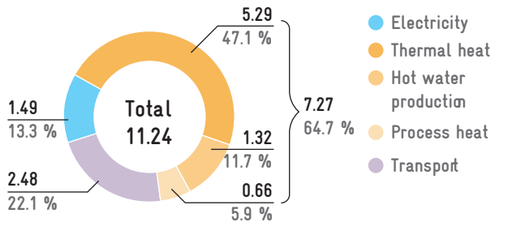
POTENTIAL FOR THE UTILISATION OF OTHER RENEWABLE ENERGY IN XINTAI

	Useful mass in t/a	Potential electricity yield in GWh/a	Potential heating yield in GWh/a
Forest biomass	40,277	161	1,362
Agricultural waste material	702,800	1.23	
Liquid manure	3,816,000	530	
Kitchen waste	328,500	216	

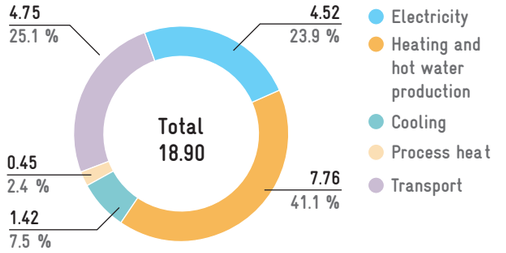
The final energy consumption in 2030

An increase in energy efficiency with fairly moderate ambitions is assumed in the reference scenario. The currently and already planned expansion of renewable energy systems is also included in this scenario.

FINAL ENERGY CONSUMPTION 2014 (in TWh/a)



FINAL ENERGY CONSUMPTION REFERENCE SCENARIO 2030 (in TWh/a)



Final energy consumption will increase by 35% in comparison with the current state of affairs. The main reasons for the increase are the urban population growth, the increasing ownership of electronic and electrical devices among the population as well as an increased electricity consumption for the use of air conditioning systems. To a lesser degree, the increase in electricity consumption is also due to the use of decentralised thermal heat pumps.

The energy consumption in the transport sector will increase annually by 4% to meet the needs of further urbanisation and economic development. It is assumed that electromobility accounts for 50% of the energy consumption. The rest of the private vehicles use conventional fuels such as diesel and petrol.

The temperature-related energy demand for heating and hot water will increase from the current 6,613 GWh/a to about 7,760 GWh/a. The process heat demand will drop due to the generally slightly lower percentage for the industry sector as well as the reasonable assumption that mining will be much less important in the city in the year 2030. The percentage for air conditioning of urban households is around 70% and increases the cooling energy consumption to about 1,419 GWh/a.

The energy supply and production in 2030

The percentage of renewable energy sources in the final energy consumption of all three sectors (electricity, heating, transport) in the reference scenario is calculated at 77%. The main energy source for energy production in Xintai is photovoltaics with 51%. It will be extended to 8 GW in 2030 as planned. Wind energy accounts for about 6% of the total energy production. The other 43% are shared by biogas, decentralised thermal heat pumps, biomass and district heat by means of large-scale thermal heat pumps, solarthermics as well as fossil fuels which account for the largest part of the other energy media with around 30%.

In the electricity sector, photovoltaics and wind energy utilisation together achieve a proportion of more than 300% in the annual balance. However, the proportion of renewable energy production in the heating sector is more important. This is about 40 % and makes it clear that the sector coupling between the electricity and the heating sector will become more important with the increasing expansion of photovoltaics and wind energy if a higher coverage from renewable energy is to be achieved on the whole. Electric air conditioners are used primarily for cooling and supply about 70% of the urban households and continuously increase the demand for electricity.

The export of surplus electricity from wind energy and photovoltaics minus the use of the electricity in the heating and transport sector would account for a good 64% of the renewable production. This means that, without further measures, 64% of the locally produced renewable energy cannot be used locally.

For the heating supply to apartments with low-income households, a total area of approximately 8 km² of solar collectors is planned which will provide 2.8 TWh/a for hot water heating. This would cover about 36% of the future heating demand.

However, solarthermics compete with photovoltaic utilisation which takes up almost 100% of the possible roof

area. At the same time, solarthermics are tied much more closely to the locally agreed utilisation than photovoltaics which makes the estimation of a total utilisation rate and the associated efficiency for an overall urban energy concept difficult.

Decentralised thermal heat pumps take up 10% of the heat supply for thermal heat and hot water. Although district heating is expanding in Xintai, it remains relatively constant and will increase from 8% in 2014 to only 10% in 2030. Since biomass for thermal utilisation only has a total potential of around 817 GWh/a, almost 5,000 GWh/a still have to be provided for the heating sector from fossil fuels, e.g. natural gas.

Conserving Resources: the energy efficiency scenario

The efficiency scenario examines the effect of extensive energy saving measures in connection with the expansion measures of the reference scenario. It places its emphasis not only on the expansion of renewable energy production but also increases the efforts in the field of energy efficiency and final energy saving in all three sectors.

The final energy consumption in 2030

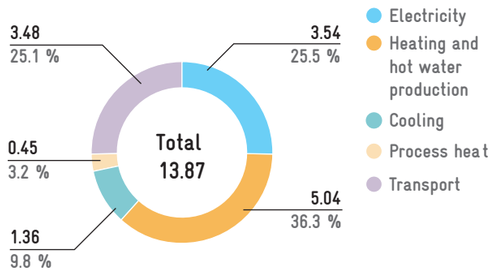
In the efficiency scenario, the final energy consumption in 2030 will be about 13.87 TWh for all three sectors. This means an increase in comparison with the year 2014 of 13%, but a reduction in comparison with the reference scenario by 27%.

A stricter standard for new buildings as well as energy renovation in existing buildings reduce heating demand during the heating period, on the one hand, and reduce the increasingly high cooling demand in the summer – and therefore electricity demand at peak load times – on the other hand. In addition, the development of the private vehicle density has a disproportionately great influence on the energy consumption in the transport sector. It is reduced by about 27% and shows the great influence of reduced motorized individual traffic.

The energy supply and production in 2030

On the supply side, there are hardly any differences in the electricity production between the energy efficiency scenario and the reference scenario. The expansion figures are still assumed to be 8 GW for photovoltaic production and 1 GW for wind power production. The solar thermal production also remains constant over an area of 8 km².

FINAL ENERGY CONSUMPTION EFFICIENCY SCENARIO (in TWh/a) 2030



In comparison with the reference scenario, the percentage of decentralised thermal heat pumps increases from 10 to 40%; the district heat percentage from 10 to 25%. Because the larger number of thermal heat pumps can use a bigger proportion of the locally produced renewable power, a greater percentage of the locally produced energy is used directly in the heating sector. The expansion of the decentralised thermal heat pumps and district heating increases the renewable percentage in the heating sector to 58%.

The electricity production from renewable energy also considerably exceeds the electricity demand in the efficiency scenario. About 70% (9.35 TWh) of the generated electricity from photovoltaics and wind power is exported. The theoretical biomass potential is required 100% as operating reserve.

Using locally generated energy locally: Integrated energy system scenario

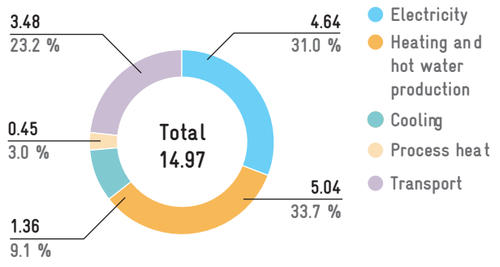
The integrated energy system scenario considers increased sector coupling as an additional module to the efficiency scenario. It is based on the development of the renewable power production plants planned or under construction (according to the reference scenario). It is also – to a great extent – based on energy efficiency as in the efficiency scenario and additionally contains improved sector coupling and integration between the different production and consumption sectors. This means that the production capacities from the fluctuating renewable energy plants (wind power and photovoltaics) are used primarily locally in the scenario instead of exporting surplus yields.

For example, electricity yields which cannot be used immediately in the electricity sector can be used for hot water, heating energy or process energy production (CHP) or migrated to the mobility sector (CTP). This will considerably increase the city's level of self-supply from its own renewable energy sources. At the same time, the dependence on the supra-regional electricity and energy market will be reduced. The integrated scenario can also be described as the "Smart City Scenario" because it intelligently connects the components of the energy system. These also concern urban planning aspects: A high building density, low temperature grids for the heat and cold supply as well as mixed city districts of short distances are important components of this scenario in this respect.

The final energy consumption in 2030

The final energy consumption in the integrated energy system scenario increases marginally by 8% in comparison with the efficiency scenario. The electricity demand increases due to decentralised and central thermal heating pumps for the district heating. The electricity demand for air conditioning and cooling of buildings remains constant. The energy consumption for transport, process heat, cooling and thermal heat is also identical.

FINAL ENERGY CONSUMPTION INTEGRATED ENERGY SYSTEM SCENARIO 2030 (in TWh/a)



Whereas the emphasis in the energy efficiency scenario is clearly on energy saving, the measures of the integrated energy system scenario set the necessary course for achieving a high coverage rate from local fluctuating renewable energy sources.

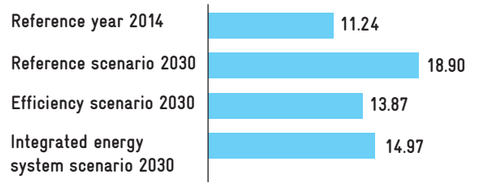
The energy supply and production in 2030

The integrated energy system scenario strengthens the coupling between the electricity and heating sectors and also reduces the additional electricity demand for producing heat and cold. Electricity surpluses are used by CHP measures in industry and production. Electric and thermal storage systems increase the self-sufficiency factor to more than 70%.

More than two thirds of the urban buildings are air conditioned by district cooling for which large-scale thermal heat pumps are used (as for district heating) so that the high investment costs of the grid and the system technology are distributed over a longer running time during the heating and cooling periods.

With identical expansion of photovoltaics and wind power, the percentage of renewable energy increases due to improved sector coupling in the heating sector from 58% in the efficiency scenario to more than 90% in the integrated energy system scenario. This shows that sector coupling is key, above all, to increasing the coverage rates with renewable energy as the renewable energy production capacities are being expanded considerably anyway. A strong expansion of district heating with large-scale thermal heat pumps takes up electricity surpluses from photovoltaics and wind power and converts these into heat with high efficiency. At the same time, a large part of the environmental heat is integrated into the system by the thermal heat pumps. Combined heat and power systems in industry reduce the biomass demand for process heat which cannot be produced by solar thermal systems (temperatures above 100 °C). Thermal hot water storage systems increase the level of autonomy and compensate for surpluses.

FINAL ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



The power-to-gas utilisation by electrolysis plants and gas storage systems could further increase Xintai's self-sufficiency level or provide gas for heavy goods transport. However, direct and efficient use of electricity should be given priority before it is stored and needs to be converted several times because the latter means considerable losses in efficiency.

4.2 THE POWER SUPPLY IN THE INTEGRATED ENERGY SYSTEM SCENARIO

The integrated energy system scenario is classified as the most effective scenario with regard to as comprehensive a renewable energy system for the city of Xintai as possible. The following section outlines the supply structures of the integrated energy system.

The expansion of fluctuating production from wind power and photovoltaics as well as the increased integration of energy storage systems and load management systems in industry are all characteristic for the future power supply of Xintai.

Electricity production

No more coal-fired power stations are used for electricity production in the integrated energy system scenario. They are replaced by smaller and flexible CHP stations. By converting biomass into electricity, CHP stations cover an electricity demand of approximately 409 GWh (and about 631 GWh heating demand). The electrical potential of Xintai's biomass is fully exploited.

For the expansion of photovoltaics, about 3 GW and 8 GW of central and decentralised photovoltaic systems are assumed respectively as development goals for 2020 and 2030. Expansion beyond 8 GW is not envisaged. However, there will be periods in the spring and summer in which only little solar energy is available due to weather and climate. The production bottlenecks in these periods must be compensated by other energy sources.

Wind power stations with a capacity of about 199.5 MW are under construction or planned so far. 1 GW of capacity is planned for 2020 and 2030.

Electricity storage systems, exports and grids

More electricity storage systems are used in the integrated energy scenario in comparison with the reference scenario and the energy efficiency scenario. They store electricity surpluses from photovoltaics so that these can be used in periods of insufficient electricity production. About 50 GWh of electricity storage systems will be integrated into Xintai's energy system in total in 2030. However, electricity storage systems with a capacity of more than 2.5 TWh would be necessary to increase Xintai's self-sufficiency factor. These are not economical at the present state of the art. In order to be able to use the surplus amounts of electricity from photovoltaics, the grid must be expanded considerably so that surplus electricity can be exported to the supra-regional grid.

4.3 HEAT AND COLD SUPPLY IN THE INTEGRATED ENERGY SYSTEM SCENARIO

In comparison with the reference and energy efficiency scenario in which decentralised fossil fuel-fired power stations are mainly used, the largest part of the heating demand is covered by district heating in the integrated scenario. An increasing supply by district cooling is also planned for cooling.

INSTALLED CAPACITY (GW) AND ANNUAL ENERGY YIELDS (TWh/a) OF THE SCENARIOS IN COMPARISON WITH 2014

	2014		Reference scenario 2030		Energy efficiency scenario 2030		Integrated energy system scenario 2030	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Coal-fired power stations (electricity)	0.54	2.34	0.54	5.07	–	–	–	–
Coal-fired heating power stations	0.54	1.55	0.54	1.55	–	–	–	–
Wind energy	–	–	–	–	1.0	1.45	1.0	1.45
Photovoltaics	0.05	0.02	8.0	12.0	8.0	12.0	8.0	12.0
Biomass (electricity)	0.03	0.09	–	0.41	–	0.41	–	0.41
Biomass (heat)	0.03	0.47	–	0.82	–	0.82	–	0.82
Solar panels	–	–	[8 km²]	2.8	[8 km²]	2.8	[8 km²]	2.8
Geothermics or thermal heat pumps	–	–	0.43	0.78	1.38	5.2	0.87	3.0
Other heat/cold generators	–	–	–	5.0	–	5.0	–	5.0
Energy storage devices	–	–	–	–	–	–	0.05	0.05
Heat storage devices	–	–	–	–	–	–	0.1	0.1

Heat and cold production

The largest part of the heating demand in Xintai is covered by district heating. A strong expansion of district heating with large-scale thermal heat pumps takes up electricity surpluses from photovoltaics and wind power and converts these into heat with high efficiency. At the same time, a large part of the environmental heat is integrated into the system by the thermal heat pumps. Large-scale thermal heat pumps with about 3,000 GWh cover 50% of the future heating demand. The average annual performance factor (APF) was assumed to be 4.3. This means that more than 4 kWh of heat can be produced with every consumed kilowatt hour of electricity.

Decentralised thermal heat pumps account for about 35% of the heating demand and are designed in contrast to the reference scenario to a large percentage (70%) as brine-water heat pumps with an average annual performance factor of 4.38. Decentralised and large-scale thermal heat pumps together therefore take over more than 80% of the total heat production. A large part of the heat is therefore provided from the environment.

In addition, about 4% of the low-temperature heat for hot water and thermal heat is covered by solarthermics. Collector areas which cover about 55% of the heating demand and therefore approximately 2.8 TWh are required for this in total. Following the potential calculations, a total collector area of approximately 8 km² is planned which will provide 2.8 TWh/a for hot water heating for apartments with low-income households.

The high outside temperatures in Xintai lead, in the reference scenario, to a high percentage of simple electric split devices for room cooling because it is assumed that the demand for comfort in summer will increase along with urbanisation. Although this additional electricity consumption can be covered by the expansion of photovoltaics, coupling with the district heating expansion as district cooling (in a 4-line system with supply and return heat as well as supply and return cold), however, presents a much more efficient system and can replace the decentralised (single apartment) electrically powered systems by a central water-based solution. The water-based supply with district cooling reduces the peak electricity load in summer and enables large-scale thermal heat pumps to be integrated for cooling. The percentage of district cooling of the air conditioning demand is about 70% of the urban households. Only 30% of the cooling demand is covered by electrically powered split devices.

Biomass is used, above all, for process heat production because this can achieve temperature levels which solarthermics and large-scale thermal heat pumps are no longer able to provide (> 100 °C). For process heat, 210 GWh of the thermal biomass potential are used.

Thermal storage systems and heat grids

Aggregated thermal storage systems (large-volume hot water reservoirs, gravel or ground storage systems) with a total capacity of 100 GWh serve as daytime storages.

The high initial investment costs are spread over a much longer operation period by coupling district heat and district cooling. This enables lower heat or cold production costs.

4.4 THE ENERGY SUPPLY OF THE TRANSPORT SECTOR IN THE INTEGRATED ENERGY SYSTEM SCENARIO

A figure of 50% electrically powered vehicles is considered reasonable for Xintai for the year 2030. The other 50% of the vehicles will be powered by conventional Otto engines.

Much less final energy will be required for the same number of private vehicles due to better efficiency of the electric engines. The electric vehicles require about 33% of the total energy of the transport sector, those powered by fossil fuels about 66%.

5. MEASURES FOR IMPLEMENTING THE ENERGY CONCEPT FOR XINTAI

Thirty-one measures with different priorities have been developed for implementing the energy concept for Xintai. The table below provides an overview of all these measures. The benchmark data of the most important measures are outlined in the second section.

5.1 OVERVIEW OF ALL MEASURES

	Measures	Energy sector	Investment costs	Direct saving in the energy sector	Local value creation
High priority	Efficiency standards for computer centres	Electricity	high	high	high
	Scrapping premium for inefficient motors in industry	Electricity	medium	high	high
	Introduce standard requiring highest possible energy efficiency for new buildings	Heat	low	high	high
	Obligation to use renewable energy for new buildings	Heat	medium	high	high
	Creation of low-traffic urban structures	Transport	medium	high	high
	Setting up of car sharing stations, interchange stations and multi-mobility stations	Transport	medium	high	high
	Training courses for energy consultants and know-how transfer	Electricity	medium	low	high
	Promotion and standardisation of highly efficient LED lighting in the CTS sector	Electricity	low	medium	low
	Promotion of energy management systems	Electricity	medium	medium	medium
	Expansion and changeover of street lighting to LEDs	Electricity	medium	low	medium
	Potential study of the utilisation of industrial waste heat	Heat	low	medium	high
	GIS Energy Platform	Heat	low	low	medium
	Conversion and expansion of the district heating supply	Heat	high	high	high
	Definition of a minimum percentage of renewable energy and waste in the district heating supply	Heat	low	high	medium
	Use of cold island networks	Heat	high	high	medium
	Promotion of restrictive measures, 30 mph limit zones and pedestrianised areas	Transport	low	medium	high
	Build-up/expansion of cycle paths	Transport	high	high	medium
	Set-up of a Renewable Energy and Environmental Protection Technology Center	Energy	medium	low	medium
	Storage system expansion	Integration	high	high	high
	Use of demand-response measures	Integration	medium	high	high
	Development of an ecological settlement	Integration	high	high	high
Medium priority	Build up energy-efficiency networks in industry	Electricity	medium	high	medium
	Demonstration building plus energy house	Heat	low	medium	medium
	Promotion of energy renovation of residential and non-residential buildings	Heat	high	medium	high
	Integration of renewable energy in the secondary heat grid	Heat	high	high	medium
	Change over bus fleet to electric drives	Transport	high	high	medium
	Introduction of electric cars by quotas (taxi industry)	Transport	low	medium	medium
	Photovoltaic systems for greenhouses	Integration	medium	low	medium
	Power-to-heat in the food industry by large thermal heat pumps	Integration	medium	medium	medium
Low priority	Safe bicycle and pedelec parking places	Transport	medium	medium	low
	Promotion of bicycle stations at local public transport stops	Transport	high	high	medium

5.2 THE 6 MOST IMPORTANT MEASURES

The corner points of the 6 most important measures are outlined below. The following aspects are considered:

- Energy sector
- Starting point/motive
- Emission/environmental effect
- Costs/cost effectiveness
- Influence on the economic development
- Concrete project proposal

Increase efficiency in information and communication technology (ICT) by specification of efficiency standards in the selection of computer clusters and data centres

- Electricity sector
- Starting point/motive:
  - Increasing proportion of ICT in the electricity consumption in China by increasing use of cloud solutions
  - Make Xintai a pioneer for Green IT
- Emission/environmental effect: Reduction of the ICT percentage of the future electricity consumption from 15% (560 GWh/a) to 7% (280 GWh/a)
- Costs/cost effectiveness: No to low costs

Scrapping premium for inefficient motors in industry as well as an information campaign about the electricity consumption of motors to motivate companies to use efficient motors

- Electricity sector
- Starting point/motive:
  - Motor-driven consumers (fans, pumps etc.) are the main electricity consumers in industry
  - Proportion of motors of the total industrial electricity consumption: more than 70%
- Emission/environmental effect: Savings in the electricity sector of 15% (with consistent implementation and 100% pervasion of highly efficient motors by 2030)
- Costs/cost effectiveness:
  - Very short amortisation times
  - Increase in productivity by low energy costs
- Influence on the economic development: Start of an initial campaign in 2018 to run until 2020, then evaluation of the measure

Introduction of a standard for new buildings at a minimum energy level of 40 kWh/m² a for all new buildings from 2020

- Heating sector
- Starting point/motive:
  - Fast, extensive expansion of new living areas in the growing urban districts of Xintai
  - Great importance of the new building sector for energy consumption
- Emission/environmental effect: Reduction of the thermal heat demand in the new building sector by 30%
- Costs/cost effectiveness: Higher investments for new buildings, and lower running costs as a result

Obligation to use renewable energy for heating supply in new buildings

- Heating sector
- Starting point/motive: Generation technologies for the supply in new buildings will have a long-term influence on the energy consumption
- Emission/environmental effect: No additional emissions for the heating supply in the new building sector after 2020
- Costs/cost effectiveness: Investment costs for renewable supply similar to costs for reference systems
- Influence on the economic development:
  - Increase in economic activity and
  - immigration of "green" companies
  - Reduction of the economic risk of investments by demands for minimum goals

Create low-traffic city structures by increasing city districts near to the inner city with compact settlement structure as well as by direct restrictive measures according to the "push and pull" principle[10]

- Transport sector
- Starting point/motive: Minimisation of the necessary transport expenses to limit transport-related energy consumption and emissions
- Emission/environmental effect: Indirect influencing of the emissions or fine dust pollution caused by private vehicles by a changed urban structure
- Costs/cost effectiveness: High cost effectiveness because a low-traffic urban planning makes the building of increasingly wide roads superfluous
- Influence on the economic development: Low influence on the local value creation

10 "Push and pull" in transport policy stands for incentives and offers for a desired low-energy mobility behaviour and a clearly restrictive limitation of undesirable mobility behaviour.

Promotion of multi-mobility and the appropriate interfaces, development of car sharing stations, interchange stations and multi-mobility stations.

	Transport sector
	Enable easy change between different means of transport and reduce change times to increase acceptance of new, innovative means of transport and increase the attraction of multi-mobility offers
	• 1 car sharing car replaces 7 private cars • Less space required for car parks • Reduction of fine dust emissions by a better-quality car fleet
	Better utilisation of buses and trains, which can be run more economically
	Creation of new companies and jobs by new services (for example car sharing)
	• Cycle parking spaces at interchange stations at railway stations and central local public transport stations • Car sharing stations at interchange stations to other means of transport such as railway stations and bus stations • Pricing and ticketing: integrated information, access and payment systems for all means of transport, including new car sharing systems in the city

XINTAI: FROM AN INDUSTRIAL MINING AREA TO A LOW-EMISSION ECONOMIC REGION

XINTAI 2030*

Population: 1.5 million (2014: 1.4 million)
Renewable energy percentage of the final energy consumption (self-sufficiency factor**): 70 %

ELECTRICITY SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 4.64 TWh
Installed power: 9.46 GW
Annual electricity production: 13.86 TWh
Annual electricity imports: 0 TWh
Annual electricity exports: 1.77 TWh
Renewable energy percentage of the electricity production: 100 %

HEATING SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 5.04 TWh
Installed power: 1.79 GW
Annual heat/cold production: 11.62 TWh
Annual stored quantity of heat: 0.10 TWh
Renewable energy percentage of the heating production: > 90 %

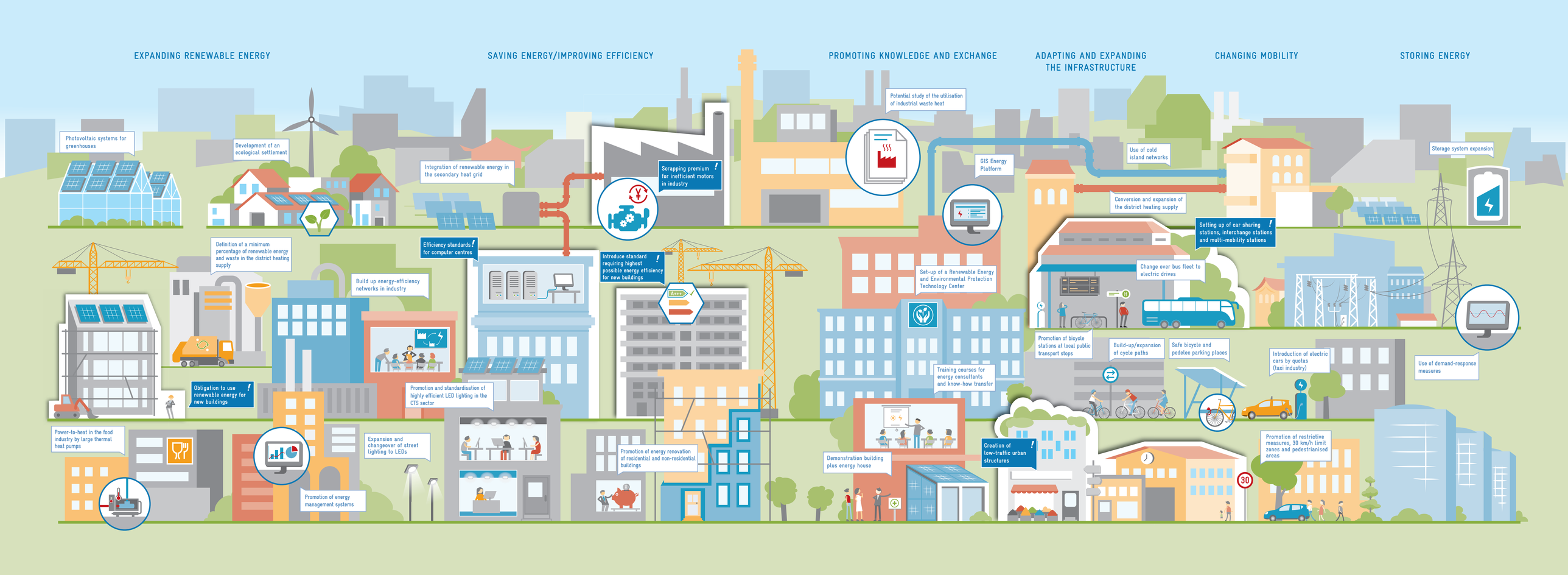
TRANSPORT SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 3.48 TWh
Percentage of electrically powered motor vehicles: 50 %
Percentage of motor vehicles powered by conventional Otto engines: 50 %
Percentage of electric vehicles of the energy consumption in the transport sector: 33 %

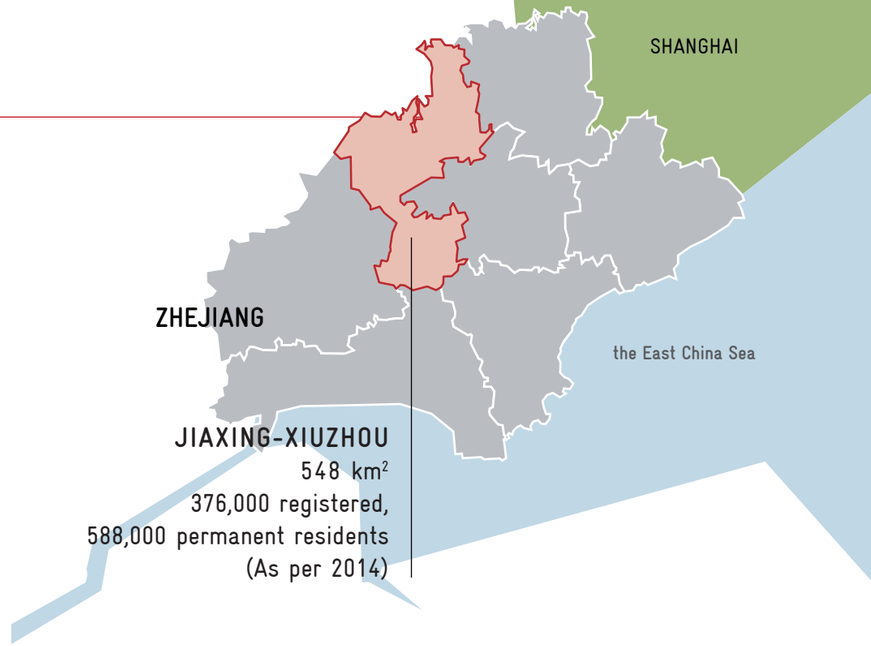
* based on the integrated energy system scenario
** The self-sufficiency factor indicates for how many hours of the year the energy demand can be covered by local renewable energy systems.

THE 6 MOST IMPORTANT MEASURES

Efficiency standards for computer centres
Scrapping premium for inefficient motors in industry
Introduce standard requiring highest possible energy efficiency for new buildings
Obligation to use renewable energy in new buildings
Creation of low-traffic urban structures
Set-up of car sharing stations, interchange stations and multi-mobility stations


EXPANDING RENEWABLE ENERGY
SAVING ENERGY/IMPROVING EFFICIENCY
PROMOTING KNOWLEDGE AND EXCHANGE
ADAPTING AND EXPANDING THE INFRASTRUCTURE
CHANGING MOBILITY
STORING ENERGY
Photovoltaic systems for greenhouses
Development of an ecological settlement
Integration of renewable energy in the secondary heat grid
Scrapping premium for inefficient motors in industry
Potential study of the utilisation of industrial waste heat
GIS Energy Platform
Use of cold island networks
Conversion and expansion of the district heating supply
Storage system expansion
Definition of a minimum percentage of renewable energy and waste in the district heating supply
Efficiency standards for computer centres
Introduce standard requiring highest possible energy efficiency for new buildings
Set-up of a Renewable Energy and Environmental Protection Technology Center
Setting up of car sharing stations, interchange stations and multi-mobility stations
Change over bus fleet to electric drives
Build up energy-efficiency networks in industry
Promotion of bicycle stations at local public transport stops
Build-up/expansion of cycle paths
Safe bicycle and pedelec parking places
Introduction of electric cars by quotas (taxi industry)
Use of demand-response measures
Obligation to use renewable energy for new buildings
Promotion and standardisation of highly efficient LED lighting in the CTS sector
Training courses for energy consultants and know-how transfer
Power-to-heat in the food industry by large thermal heat pumps
Expansion and changeover of street lighting to LEDs
Promotion of energy renovation of residential and non-residential buildings
Demonstration building plus energy house
Creation of low-traffic urban structures
Promotion of restrictive measures, 30 km/h limit zones and pedestrianised areas
Promotion of energy management systems
30

THE ENERGY CONCEPT FOR JIAXING-XIUZHOU



1. JIAXING-XIUZHOU – A PROSPERING INDUSTRIAL CITY

Xiuzhou is one of the two districts of the prefecture-level Chinese city of Jiaxing in the province of Zhejiang. In addition to the two districts of Xiuzhou and Nanhu, Jiaxing embraces another two areas and three towns.

Xiuzhou has both urban and large agricultural areas. The district is an important industrial location, especially for the textile industry. Most of its area (89%)[11] is covered by the rural regions, the rest by the residential areas with a high population density (3,294 pop./km²). The population density in the rural regions is only 798 pop/km².

The city is representative of many other prospering industrial cities on China's East coast and is characterised by a high degree of industrialisation and development. The gross domestic product of Xiuzhou was 35.6 billion RMB (about 4.6 billion EUR) in 2013. The industry and business, trade and service sector account for the largest proportions of Xiuzhou's economy with 54.0% and 41.1% respectively. Agriculture only accounts for 4.9%.

Xiuzhou's climate is characterised by cold winters and hot summers. There are four seasons. Heavy rainfall is typical for the summer due to the Eastern Asian monsoon. Despite the low temperatures in the winter, Xiuzhou lies south of the official heating border, i.e. the city has no infrastructure for a central heating supply.

XIUZHOU'S CLIMATE DATA

Mean annual rainfall	1,103 mm
Mean annual rainfall in the driest month (October)	37 mm
Mean annual rainfall in the wettest month (June)	170 mm
Mean annual temperature	16.2°C
Mean monthly maximum temperature (in July)	28.0°C
Mean monthly minimum temperature (in January)	4.4°C
Maximum temperature	32°C
Minimum temperature	around 0°C

11 State of 2005, no newer data available

2. THE INITIAL ENERGY SITUATION IN THE CITY DISTRICT

The dependence on coal, electricity and fuel imports plays an important role in Xiuzhou's current energy system. Industry is also very important for the energy system. The textile industry is the biggest energy consumer and accounts for 74% of the process heat and 40% of the electricity consumption of all industrial sectors.

2.1 CURRENT SITUATION: ENERGY CONSUMPTION

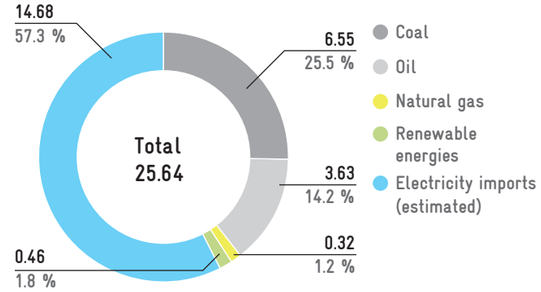
The biggest electricity consumer in Xiuzhou is industry. The city's total electricity demand rose from 4.5 TWh in 2010 to 6.3 TWh in 2014, whereby the growth rate diminished with every year. Industry's percentage share in the total electricity demand during this period was constantly high at 87.0% (2010) and 85.9% (2014) respectively. The biggest industrial consumer is the textile industry with 40% of the total electricity consumption. Other industrial branches such as the manufacture of chemical fibres (8.5%) or non-metal products (7.9%) follow at some distance behind.

The electricity demand for the business, trade and services sectors (7%) is about as big as the total electricity demand of the urban and rural households (6%). Xiuzhou has noticeable demand peaks in the summer which reflect the electrically powered cooling devices. Agriculture accounts for a very low percentage of the electricity demand (1%). The electricity demand in the public sector is also less important with 1.7%.

XIUZHOU'S ENERGY CONSUMPTION IN 2014

Primary and final energy consumption

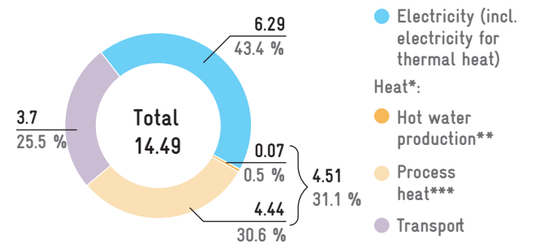
PRIMARY ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



Percentage of renewable energies:

1.8 %

FINAL ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



Percentage of renewable energies:

2.5 %

* Heating mainly electricity-based. exact value for thermal heat demand unknown

** Corresponds to natural gas consumption which also serves for cooling; hot water provision also partly electricity-based

*** also includes industrial natural gas consumption

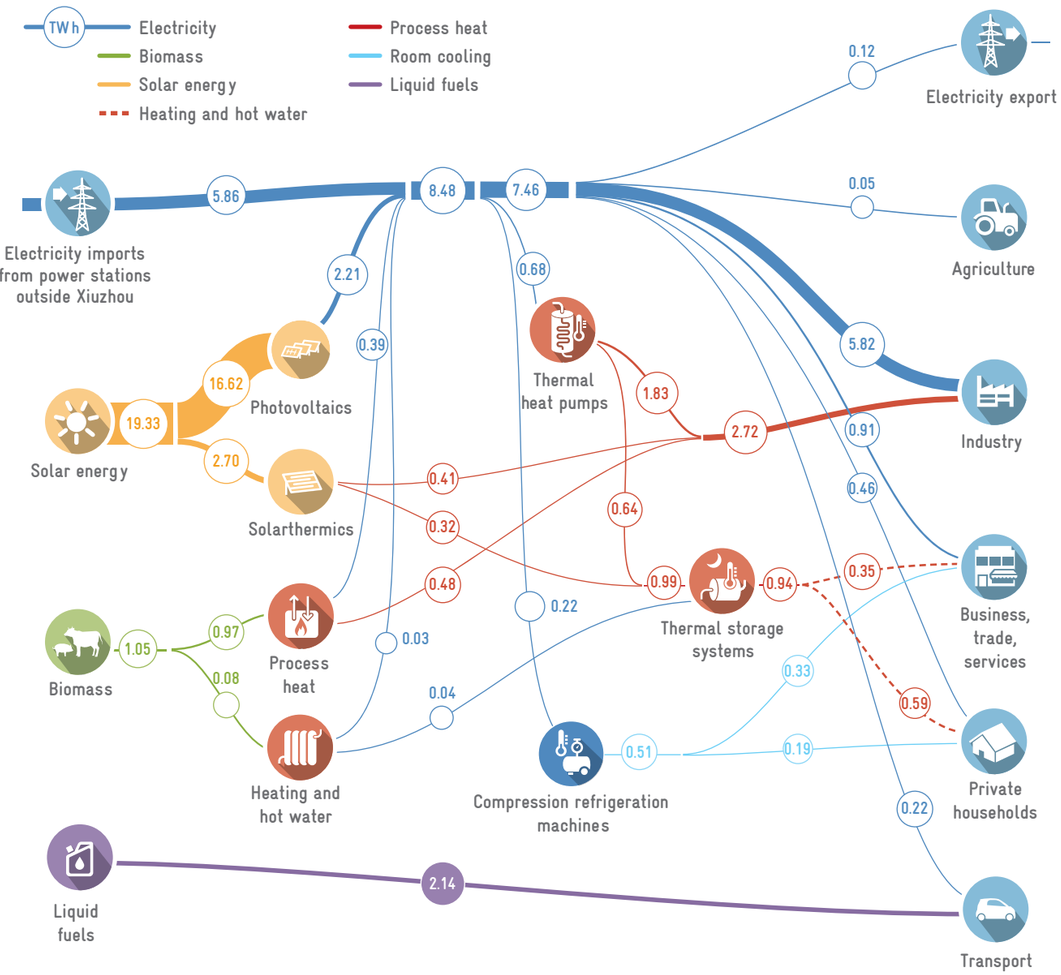
Xiuzhou has both heating demand in winter and cooling demand in summer because its climate is characterised by cold winters and hot summers. Over the year, however, the heating demand (0.43 TWh) is greater than the cooling demand (0.23 TWh). However, the cooling demand occurs concentrated in the significantly shorter hot period and therefore requires higher peak performances. On the whole, however, the thermal energy consumption is also dominated by industry, which required 2.6 TWh of process heat in 2014. The textile industry stands out here and, alone, is responsible for about 74% of the process heat demand.

A large part of the heat and cold demand for residential buildings is already included in the electricity demand. Because Xiuzhou has no central heating supply. Instead, decentralised heating devices are used which are often powered electrically. The hot water supply is also frequently supplied electrically. It can be assumed that the demand for room heating and air conditioning will increase with growing affluence.

Natural gas plays an important role in the energy supply in Xiuzhou. The greatest natural gas consumption here, too, is by industry, with approximately 74% in 2014. Households and public buildings are roughly equal with 14% and 12% respectively. Only less than 0.1% of households and public

THE ENERGY FLOWS IN XIUZHOU IN 2030

according to the RE potential 80 % scenario



© Xiuzhou district of the city of Jiaxing

Simulation of rooftop and façade solar systems in the Xiuzhou district of the city of Jiaxing

buildings use natural gas for heating; it is used mainly for cooking and partly also for providing hot water. However, a slight seasonal curve is recognisable for households and public buildings because the natural gas demand drops by about a quarter from April to November. The amount of natural gas used in 2014 corresponds to a primary energy consumption of 0.27 TWh.

The energy consumption of local transport is made up of the energy consumption by private vehicles, commercial vehicles, taxis and means of local public transport such as buses and railway vehicles. Local public transport in Xiuzhou has consisted exclusively of omnibuses so far. There are no local trains, trams and underground railways.

Private cars account for the highest energy consumption in the transport sector with 91% (346 million litres of fuel = 3.34 TWh). Omnibuses and trucks follow in second place with percentages of approximately 4% each (0.15 TWh and 0.13 TWh respectively). Taxis and railways with their respective proportions of 1% and less than 1% hardly play a role. The electricity demand of the electric part of transport is increasingly low with 0.22% (0.014 TWh/a) of the total electricity demand. The number of motorised two and three-wheelers and their energy consumption are unknown.

2.2 CURRENT SITUATION: ENERGY SUPPLY

Xiuzhou's current energy supply is based largely on fossil fuels. The percentage of renewable energy in the energy production is 23.9% in the heating sector and 26.5% in the electricity sector. Electricity is also being exported increasingly.

Electricity supply mainly from coal-fired and nuclear power stations in Jiaxing

Xiuzhou's electricity in the reference year 2014 came mainly (83%) from large coal-fired and nuclear power stations which are outside the district borders in other regions of Jiaxing. They are therefore electricity imports from Xiuzhou's point of view.

Within Xiuzhou's borders, there are three coal-fired industrial heating power stations, two industrial heating power stations which use waste heat for producing electricity and one heating power station which uses straw, slurries from the manufacture of textiles and coal as fuels. It applies for all conventional power stations in Xiuzhou that the electrical efficiency are very low with values between 5% and 20% and are not state of the art. Only the total efficiency factors of two power stations are reasonable or even good.

Three larger photovoltaic power stations were in operation in Xiuzhou at the time of compiling the report. 60 MW power are installed as rooftop systems in a photovoltaic

industrial park of which about 45 MW were available in the reference year which supplied an electricity yield of about 41 GWh/a. Two other projects have an installed capacity of 0.4 MW and 30 MW respectively. Since both systems were only commissioned in 2015, their yields are not taken into account in the balances of the reference year 2014. In addition to the system mentioned, 2.92 MW photovoltaic capacity was already installed in smaller systems at the end of 2013. The electricity yield was about 2.9 GWh/a.

There are no wind and hydroelectric power stations for the electricity supply in Xiuzhou. There are two wind parks in the other city region of Jiaxing but their installed capacity is unknown. Energy storage devices are not used in Xiuzhou at the moment.

Mainly decentralised heat and cold supply

No central room heating supply is provided in the climate zone in which Xiuzhou is located. This applies both for a central building supply via heat grids and for buildings' own central heating systems. Rooms are therefore often heated by electric air conditioning systems operated in reverse mode at low temperatures. Usually, one air conditioner is used per room so that 1 to 3 air conditioners per apartment could be installed. Central air conditioning systems are only common in hotels and congress halls. Electric heaters and hot-air fans are also used additionally or alternatively. Natural gas-operated storey heating systems are also used.

In summer, as soon as the room temperature exceeds 25°C (from about June), most rooms in the residential building are cooled to 25 to 20 °C. 10 °C are assumed as a heating limit. In future, these heating and cooling limits will probably increase or drop because the demand for comfort will increase.

Natural gas, coal, biomass and solarthermics are used in addition to electricity to cover the heating demand. Apart from natural gas, of which 0.27 TWh were consumed in 2014, however, the exact percentages of the individual fuels are not available.

Solar thermal systems are often used for providing hot water. In some communities, 85% of the families use it for their hot water. At the end of 2013, the collector area was 31.6 ha, which corresponds to an energy yield of about 0.31 TWh/a.

There is a hot spring in Xiuzhou which is used for heating: Yunre ground heat well no. 1. At the moment, 2,592 m³ of hot water at a temperature of 65 °C per day are pumped from the well and used to heat buildings. By cooling the pumped spring water by 40 °C, about 0.022 TWh of heating energy per year can be provided with which 0.12 km² of building area can be heated. This corresponds to approximately 0.2% of the roughly 57 km² useful area in public and residential buildings in Xiuzhou. There is a perspective to increase yield to 5,018 m³ per day.

More than 90% of household waste in Xiuzhou is already being collected, transported and burned in a central waste incineration plant. This produced an energy yield of around 0.4 TWh in 2014. A pilot project is also devoted to the energetic disposal and recycling of kitchen waste of which about 500 tons are produced daily in the whole of Jiaxing. The results of this pilot project have not yet been taken into consideration in the balance for the reference year 2014.

Transport is powered almost exclusively by fossil fuels. There were approximately 210,000 private cars in Xiuzhou in 2014. There were 336 taxis, 381 buses and 4,914 delivery vehicles. Public bicycles could also be hired from a total of 36 stations. The number of motorised two and three-wheelers is unknown.

Since there is no local rail transport in Xiuzhou, mobility is provided almost exclusively by the fossil fuels petrol, diesel and (to a small degree) natural gas. These fuels are largely imported. The electricity demand for the electric part of transport is covered by the power stations mentioned above.

3. POTENTIAL FOR EXPANSION OF RENEWABLE ENERGY

Jiaxing-Xiuzhou cannot achieve full coverage of its energy demand with local renewable energy. Even with almost 100% exploitation of the existing potential, the percentage of renewable energy would only amount to about 58% of the total energy consumption. Renewable energy would have to be imported from other regions to increase this percentage. Therefore, an energy supply based to 100% on local renewable energy is not realistic for Xiuzhou.

3.1 WIND AND SOLAR ENERGY

The local conditions in Xiuzhou are primarily suitable for the use of photovoltaic and solar thermal systems. This is also because they can be integrated well in rooftops and façades. For open space systems (wind energy plants, solar thermal power stations), however, there is little potential because agricultural utilisation has priority.

No wind energy plants are planned for the Xiuzhou region at the moment. Because of the priority given to agriculture for the use of open spaces, future use of wind energy will depend on changing the basic legal conditions and political specifications. Technically, agriculture and livestock production would be reconcilable with the use of wind energy. It is therefore recommended not to rule out the use of wind energy generally for the future but to examine the possibilities again at a later date. For example, 10 wind energy plants of the 5-MW class, i.e. a total installed capacity of 50 MW, could supply a power yield of approximately 0.1 TWh/a. It should also be considered that the use of wind energy not only increases the possible contribution of renewable energy to the energy supply but also strengthens the robustness of the energy system.

The potential area for the use of solar energy in Xiuzhou has not been analysed yet so that useful areas have only been estimated. After combining all the decisive factors, we come to the conclusion that about 5.4% of Xiuzhou's built-up area is available as rooftop potential for the use of solar energy. This value will increase to 13% by 2030. According to current plans, the utilisation of photovoltaics for Xiuzhou is already a development emphasis both for industry and for the general power supply.

The useful areas for solar energy in Xiuzhou in 2030 are divided into 15.08 km² useful rooftop area and 4.53 km² useful façade area. In addition to this, there are open spaces which are still to be defined because they are areas on lakes or with dual use for agriculture and photovoltaics.

Generally, there is a priority for agricultural utilisation for large open spaces in Xiuzhou so that no relevant potential are available for the installation of solar plants in open spaces. However, initial projects already exist in which agricultural and energetic utilisation are combined. The total electrical capacity of 60 MW planned or already installed there, enable annual electricity yields of 54 GWh. It is assumed that the area used for this will increase fivefold by 2030.

Open space solar heat utilisation is not planned. The conditions in Xiuzhou are not suitable for the use of CSP power stations either. This technology is therefore not considered here.

3.2 OTHER RENEWABLE ENERGY SOURCES

According to the available information, Xiuzhou has no potential for the use of hydroelectric power. This also includes pumped storage as a central energy storage system. Potential for other central storage systems such as caverns are also unknown.

Biomass

Because of the priority given to the production of feed and food, only the biomass potential based on the use of waste materials from agriculture are considered here in an analysis of the biomass potential for Xiuzhou. Specific cultivation of energy plants would definitely increase the energy yields

POTENTIAL[12] FOR UTILISATION OF SOLAR ENERGY IN JIAXING-XIUZHOU

	Installable capacity in GW	Potential energy yield in GWh/a
Rooftop photovoltaic systems	2.71	2,714
Façade photovoltaic systems	0.68	475
Open space photovoltaic systems	0.30	300
Rooftop solar thermal systems	–	6,786
Façade solar thermal systems	–	1,583
Total photovoltaic areas	3.69	3,489
Total solar thermal areas	–	8,369

12 Some potential uses are in competition with each other. For example, only either a photovoltaik system or a solar thermal system can be installed on a roof surface.

considerably but only at the expense of food and feed production.

In Xiuzhou, rice and wheat are produced, above all, in addition to vegetables and fruit. The harvest remains left in the fields during the cultivation of fruit and vegetables and root crops can only be collected at great expense and also have a high water content. This therefore eliminates them for large-scale energy utilisation. The waste resulting from sorting of the harvest is part of the waste potential dealt with later.

This mainly leaves the remaining materials from rice and wheat cultivation in the form of straw and spelt. Both of these can be used for energy production on a large scale by direct combustion. In 2030, 157 GWh/a of electricity and 196 GWh/a of heat will be producible from the waste materials from rice and wheat cultivation. In addition to arable farming, livestock production is also operated on a large scale in Xiuzhou. Electricity yields of 2.2 GWh/a and heat yields of 2.7 GWh/a can be produced from the waste materials (poultry excrements, cattle manure). Because of the big decline in pig farming in recent years, it is assumed that this will be abandoned completely in future so that the existing potential calculated in 2014 will also cease to apply.

Residential waste

Today, Xiuzhou already has extensive opportunities with a view to the recycling of waste for energy purposes. In addition to domestic waste, this also includes projects for separate collection and treatment of kitchen waste as well as the use of slurries from textile production to produce heat for the production process.

In view of a previous increase in the volumes of waste in Xiuzhou of at least 10% per year and the growing population, increasing volumes of waste can also be expected for the future. Therefore, a waste volume of 300 kt per year is assumed for 2030, from which 300 GWh/a of electricity and 375 GWh/a of heat can be produced.

Special focus is placed on the energetic disposal and recycling of kitchen waste for waste treatment in Xiuzhou. The appropriate recycling plant was not yet in operation at the reference time in 2014 but a processing capacity of 300 t of kitchen waste per day has been available since the end of 2016. It is planned to double the processing capacity to 600 t of waste per day by 2020.

With an assumed growth in the permanent population between 2020 and 2030 of 18%, with increasing urbanisation and an additional increase in affluence, an increase in kitchen waste can be expected. An increase of 50% in comparison with 2020 is therefore assumed for 2030. In addition, Xiuzhou incinerates slurry from textile production and uses it to produce steam for industrial production. Processing capacities of 2,500 t per day were planned for the end of 2016. Since the importance of the textile industry in Xiuzhou can be expected to decline in the future, a constant potential is assumed in this area.

Geothermics and thermal heat pumps

The yield of the Yunre ground heat well could be increased to 5,018 m^3 per day. Under identical process conditions and at a constant specific heating demand, the energy yield could also be almost doubled to 42 GWh/a, with which about 0.21 km^2 area can be heated. This corresponds to approximately 0.4% of the total useful area in public and residential buildings in Xiuzhou. Other geothermal potential are not known. In the interests of a strong mix of renewable energy, it is recommended to examine the geothermal potential again at a later date.

The potential for water-air heating pumps which use the environmental heat is considered to be unlimited. One disadvantage of ambient air as a source of heat, however, is that it has particularly low temperatures just when the thermal heat demand is at its greatest due to the low outside temperatures. The efficiency of the heat pumps and also their specific heating power are therefore low when a lot of heat is required.

An advantage of using thermal heat pumps in future energy systems is the coupling of the electricity and heating sector. Since thermal storage systems are cheaper than electricity storage systems, electricity surpluses can be buffered and used sensibly later.

POTENTIAL FOR THE UTILISATION OF OTHER RENEWABLE ENERGY SOURCES IN JIAXING-XIUZHOU

	Useful mass in t/a	Potential electricity yield in GWh/a	Potential heat yield in GWh/a
Agricultural waste material (rice and wheat straw)	111,892	159	199
Agricultural waste material (cattle liquid manure and poultry dung)	14,162		
Kitchen waste	–	367	459
Slurry from textile production	–	–	700
Geothermics	–	–	42

4. XIUZHOU'S FUTURE FINAL ENERGY CONSUMPTION: THREE SCENARIOS

The future energy consumption of a city is influenced, on the one hand, by the development of the demand for energy services (heating or cooling of buildings, energy for production processes, transport of persons and goods). These change, in turn, dependent on the population development, the economy and affluence. On the other hand, the efficiency in the provision of the energy services influences the energy consumption.

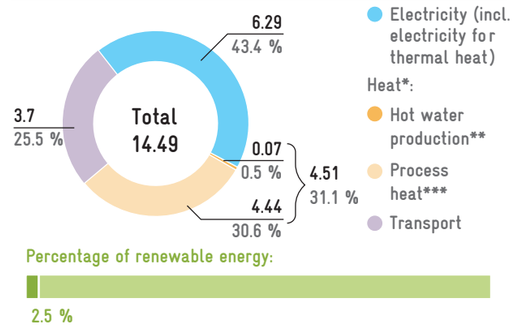
China has already recorded successes in efficiency increases, which are reflected in the diminishing value of energy intensity, measured in energy consumption per GDP unit (MJ/$2011 GDP). This value has decreased since the turn of the millennium by about 2.5 to 8.34 MJ/$2011 GDP in 2012. Despite this immense progress, China still has twice the specific energy consumption of, for example, Japan (4.26 MJ/$2011 GDP) or the European Union (4.09 MJ/$2011 GDP). Therefore, great existing potential for increasing efficiency can be assumed. This estimate is also confirmed quantitatively by Xiuzhou's 13th Five-year Plan which shows an average annual efficiency increase of 4.4%[13] between 2010 and 2015.

4.1 SCENARIO WITHOUT EFFICIENCY INCREASE

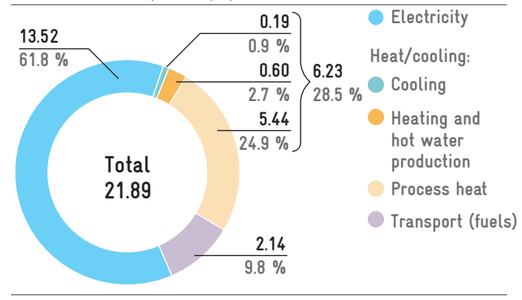
The annual economic growth in Xiuzhou between 2010 and 2015 was 8.3% which should continue with 7%/a until 2020 according to the five-year plan. A decline in growth to an annual 5% until 2025 and 4% from 2025 to 2030 is assumed for the following period based on the national and global development. The GDP in 2030 would then be more than 59 billion RMB (about 7.6 billion EUR).

In addition, it is assumed that the demand for living space will increase in proportion to the population growth and that the demand for comfort will also increase (increasing heating limit, decreasing cooling limit). The energy demand for local transport could only be roughly estimated owing to

FINAL ENERGY CONSUMPTION 2014 (in TWh/a)



FINAL ENERGY CONSUMPTION SCENARIO WITHOUT EFFICIENCY INCREASE 2030 (in TWh/a)



* Heating mainly electricity-based. exact value for thermal heat demand unknown
** Corresponds to natural gas consumption which also serves for cooling; hot water provision also partly electricity-based
*** also includes industrial natural gas consumption

13 In terms of energy expenditure per GDP

lack of information. An increase in the percentage of private vehicles in the energy consumption for the transport sector (2014 almost 95%) can be assumed due to the population growth, for one reason, and due to the increasing private vehicle density per 1,000 people for another. On the other hand, an increase in the private vehicle density also leads to a reduction in the mileage per vehicle (saturation effect).

If the energy efficiency of the economy were to remain unchanged between 2015 and 2030, the energy consumption could be expected to develop in proportion to the GDP. This would lead to more than double the energy demand.

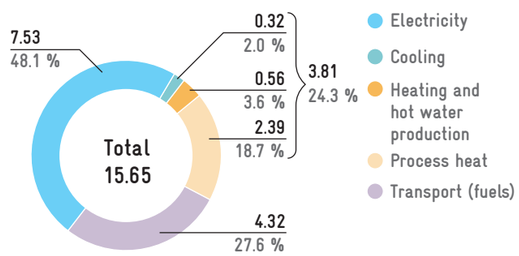
4.2 ENERGY EFFICIENCY SCENARIO 2020

Unlike the energy consumption increasing in proportion to the GDP, the following efficiency increases are assumed for 2020 in comparison with 2015 for this scenario: 2% in agriculture, 25% in industry and 10% in the service sector.

With regard to the economic added value, Xiuzhou is planning to continue the shift from the industrial to the services sector for 2020[14]. In addition, a shift from arable farming areas, built-up areas, transport and water areas to otherwise utilised agricultural areas which should increase by about 1,700 ha is planned as an essential change.

In accordance with the 13th Five-year Plan of Xiuzhou, the permanent population in 2020 will rise by 22.5% in comparison with 2014. This will entail continued urbanisation: The urban proportion takes up 65% of the planning even, whereas the rural population drops by 31%.

FINAL ENERGY CONSUMPTION ENERGY EFFICIENCY SCENARIO 2020 (in TWh/a)



14 Agriculture: 5 %, Industry: 50 %, Service Sector: 45 %

In addition to a generally increasing energy demand, the increasing affluence of the population is also expressed in an increasing living area per head. An increase to 27 m² per person by 2020 is assumed (2014: 24 m² per person).

The annual rate of increase in the electricity demand in this scenario for the time period from 2014 to 2020 is 3.0%/a. The process heat demand in this period will rise by 12.6%. In the area of thermal heat, hot water and room cooling, the energy consumption will increase in proportion to the population growth and living area increase. 10°C and 28°C respectively are assumed as the heating and cooling limit.

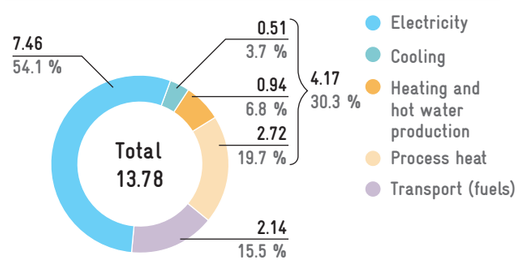
In the transport sector, the private vehicle density will increase by 10% in comparison with 2014 with the same specific mileage per vehicle. The total mileage will therefore increase 1.1 times more than the population. For combustion engines, due to the fairly large number of new vehicles, a considerable reduction in consumption from an average 9.15 to 8.50 l/100 km is also assumed. In addition to a mere increase in efficiency of the combustion engine-powered vehicles, the number of electrically powered private vehicles will also increase, the energy consumption per kilometre of which will account for only about 20% of the consumption of a vehicle with a combustion engine.

4.3 ENERGY EFFICIENCY SCENARIO 2030

The following efficiency increases are assumed for 2030 in comparison with 2015: 10% in agriculture, 50% in industry and 20% in the service sector.

The transformation from an industrial into a service society is continued in this scenario. The agricultural sector will account for 4% of the net product in 2030, industry for 47% and the service sector for 49%. Since there is a lack of publicly available information, a constant area distribution

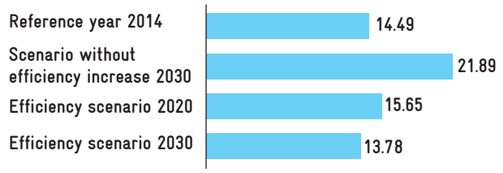
FINAL ENERGY CONSUMPTION EFFICIENCY SCENARIO 2030 (in TWh/a)



in comparison with 2020 is assumed and the changes in area utilisation are not expected to have an influence on the energy demand.

No official data are available yet regarding the population development for 2030. However, according to the Federal Centre for Political Education, the maximum population figures are expected for China in 2028. At the same time, it can be assumed that urbanisation (not only in China) will continue. A continuing increase in the population for Xiuzhou is assumed with an average annual population growth of 1.67% in the period from 2020 to 2030. The rural population will only decrease slowly after 2020, however, and the growth of the urban population is due to immigration instead. In addition, the increasing affluence of the population is reflected in an increasing living area per head. By 2020, it will increase to 30 m² per person (2014: 24 m² per person).

FINAL ENERGY CONSUMPTION (in TWh/a)



The annual rate of increase in electricity demand in this scenario is -0.1%/a for the period from 2020 to 2030, i.e. the electricity demand drops slightly from year to year. Process heat consumption will only increase by 4.5% in comparison with 2014. In the area of thermal heat, hot water and room cooling, the energy consumption will increase proportionally to the population growth and living area increase. 15°C and 25°C respectively are assumed as the heating and cooling limit.

In the transport sector, the number of private vehicles per 1,000 inhabitants remains constant in comparison with 2020. The absolute number of private vehicles increases to 334,000 vehicles due to the growth in population. However, since the annual mileage drops, the total mileage remains about the same as in 2020. A decrease in the specific average consumption to 6.0 l/100 km is assumed for combustion engines which results in an energy demand for fuel of 2.9 TWh/a for the exclusive use of combustion engines. If, on the other hand, 30% electric vehicles are assumed, there is an electricity demand of 0.21 TWh/a for electromobility with an energy consumption of 2.04 TWh/a.

The energy consumption scenarios could be varied by assuming a lesser or greater economic growth, for example, or a lesser or greater energy efficiency. However, since it can be assumed that the estimated values are realistic, and a lower energy efficiency would be unacceptable because of Xiuzhou's ambitious climate protection goals, other scenarios are disregarded.

5. XIUZHOU'S FUTURE ENERGY SUPPLY

Four supply scenarios are deduced from the energy efficiency scenario 2030 to outline the future energy supply system in Xiuzhou. Since an energy supply based 100% on renewable energy does not seem realistic, the scenarios refer to a utilisation factor of initially 60% or 80% of the locally available biomass and solar energy potential.

5.1 FOUR SCENARIOS FOR THE YEAR 2030

For the scenarios, it is assumed that no more fossil fuel-fired power stations will exist in Xiuzhou in 2030. For the small industrial power stations, this corresponds to the planning until 2020. The previously used quantities of straw and textile slurry are available for hypothetical new biomass plants.

RE potential 60%

The RE potential 60% scenario assumes that respectively 60% of the local potential are used for biomass and for areas for solar energy utilisation. This corresponds to an ambitious, but not full, exploitation of the available renewable energy potential. The value of 60% was chosen because it represents a good compromise between as low as possible electricity surpluses and simultaneously high coverage percentages. The percentage of renewable energy of the final energy consumption would reach 49% in this scenario.

For the solar energy utilisation, the entire 60% of the open space and façade area potential is used by photovoltaics. There is no solar thermal utilisation. For the rooftop potential, about 55% are planned for photovoltaics and 5% for solarthermics. This solar thermal percentage suffices to cover about 75% of the domestic hot water demand. The biomass potential include the available energy volumes from harvest waste, animal excrements and slurry from textile production. They are utilised exclusively in CHP plants.

SUPPLY SCENARIOS FOR XIUZHOU

Name of the scenario	Degree of exploitation of the solar area potential		Degree of exploitation of the biomass potential	Degree of exploitation of the biomass potential	Other features
	Photovoltaics	Solarthermics			
RE potential 60 %	55 % rooftops 60 % open spaces and façades	5 % rooftops	60 %	49 %	
RE potential 80 % RE potential 80 % including batteries	66 % rooftops 80 % open spaces and façades	14 % rooftops	80 %	54 %	No electricity export at least 1 GWh battery capacity
RE potential max. including batteries	73 – 86 % rooftops 100 % open spaces and façades	14 % rooftops	100 %	58 %	No electricity export at least 1 GWh battery capacity

The electrical energy demand is therefore covered either by photovoltaics, CHP or by imports. Electricity surpluses may be exported to the perimeter electricity grid.

Thermal heat, hot water and process heat can be provided by CHP plants, thermal heat pumps or solar thermal systems. Thermal heat and hot water can be produced additionally by simple direct-electric heaters or hot water boilers. The cooling demand is covered completely by compression refrigeration machines.

The use of larger CHP plants is coupled technically to the presence of heat grids which do not exist in Xiuzhou's thermal heat supply at the present time. Therefore, an upper limit for line-bound heat supply and thus for CHP utilisation is defined for 2030 which corresponds to a connection of about 15 % % of the households to a heat grid. Import or export of heat and cold is not possible.

In addition, electrical energy storage systems in the form of batteries and thermal storage systems in the form of hot water reservoirs are available. The optimisation algorithm decides on installation and operation, so there is no minimum specification.

RE potential 80%

In the RE potential 80% scenario, 80% of the locally available biomass and solar energy potential is used. These 80% form the estimated upper limit of the potential exploitation that can be realistically achieved with great effort. The scenario therefore represents a recommendation for the objective of political decisions. The achievable percentage of renewable energy in the final energy consumption here is 54%.

In this scenario, 14% of the rooftop potential is reserved for solar thermal utilisation because the energy yield per unit of area from solar thermal systems is typically greater than from photovoltaic systems. The other 66% are available for photovoltaics. Open space and façade areas are used exclusively by photovoltaics (80% of the total potential). The resulting yields from solarthermics are calculated to be sufficient to cover the domestic hot water demand completely and 15% of the process heat demand additionally. The available system types and the other basic conditions correspond to those of the RE potential 60% scenario.

RE Potential 80% including batteries

This third scenario differs from the 80% RE potential scenario in two points: Firstly, a minimum capacity for battery storages of 1 GWh is specified. Secondly, electricity export is ruled out so that the entire electricity provided within the system must also be used internally.

This scenario allows us to examine to what extent electricity import and export demand can be reduced by electricity storage systems. This is interesting in view of the fact that a significant part of the electricity yield from photovoltaic and wind energy plants already has to be curtailed in China today because it temporarily exceeds the

INSTALLED CAPACITY (GW) AND ANNUAL ENERGY YIELDS (TWh/a) OF THE ENERGY SUPPLY SCENARIOS IN COMPARISON

	RE Potential 60 %		RE Potential 80 %		RE Potential 80 % Including Batteries		RE Potential max. Including Batteries	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Photovoltaics	2.08	1.79	2.57	2.21	2.57	2.21	2.97	2.56
Biomass (CHP, electricity)	0.07	0.31	0.10	0.42	0.09	0.42	0.118	0.52
Biomass (CHP, heat)	0.09	0.39	0.12	0.52	0.12	0.52	0.15	0.65
Solarthermics	0.42	0.24	1.28	0.72	1.30	0.72	1.30	0.72
Thermal heat pumps	0.66	3.05	0.62	2.48	0.97	2.48	0.95	2.35
Energy storage systems [GWh]	–	–	–	–	2.23	–	3.90	–
Thermal storage systems [GWh]	5.03	–	10.75	–	11.35	–	11.64	–
Compression refrigeration machines	6.38	0.51	6.38	0.51	6.38	0.51	6.38	0.51
Electricity imports	-	6.44	-	5.86	-	5.74	-	5.25

demand. With a progressive expansion of the utilisation of fluctuating renewable energy, this effect will increase unless it is decoupled or adapted by storage systems and load management.

A percentage of renewable energy of the final energy consumption of 54% can also be achieved in this scenario.

RE potential max. including batteries

The RE potential max. including batteries scenario forms the upper limit[15] of the theoretically possible coverage value from renewable energy for the total demand. The local potential for biomass and for areas for solar energy utilisation can be exploited 100%. In addition, the export of electricity is also ruled out here and a minimum battery storage capacity of 1 GWh is specified.

Again, 14% of the rooftop area potential is reserved for solarthermics. The other 86% are used for photovoltaics, whereby the value is an upper limit, i.e. corresponds to 100 % of the potential available for photovoltaics. At least 73% of the rooftop area potential (= 85% of the potential available for photovoltaics) must be used.

The biomass potential is fully exploited and, as in the other scenarios, exclusively in CHP plants. A percentage of renewable energy of the final energy consumption of 58% can be achieved in this maximum scenario.

15 This upper limit could only be changed if additional potential were to be exploited or if energy demands were to be reduced.

Xiuzhou has the goal to cover as great as possible a percentage of the energy demand with renewable energy in the future. This preferably concerns sources that are available in the Xiuzhou region. However, since the potential in the Xiuzhou region are relatively limited, a full supply will not be possible.

The remaining demand for electricity and fuels as well as possibly for heat and biomass must be imported. Insofar as the energy volume to be imported comes from renewable energy, the goal of a sustainable energy supply for Xiuzhou can also be achieved with the help of energy imports. Whether and to what extent this is possible and what costs it would incur cannot be estimated. Fossil and nuclear energy production will certainly dominate in the coming years.

The greatest potential for renewable energy in Xiuzhou lies in the use of solar energy. Solarthermics are already being used on a large scale for producing hot water today. Intensified utilisation should be aimed for in the future because the area yields are higher in comparison with photovoltaics. The total annual costs for the implementation of the scenarios are between 10 and 11 billion RMB (1.28 or 1.41 billion EUR). By comparison: The gross domestic product of Xiuzhou was 35.6 billion RMD (4.57 billion EUR) in 2013, a value of 59 billion RMB (7.55 billion EUR) is expected for 2030.

In a trade-off between as low total costs as possible and as low CO2 emissions as possible, the RE potential 80% is the

best choice. In comparison with the cheapest scenario RE potential 60%, the costs are less than 1% higher, but the CO2 emissions are 9% lower. The use of electricity storage systems with an 80% potential utilisation is not worth it because the reduction in emissions would only be 2% and the additional expenses disproportionately high.

If the emissions are to be reduced further, the potential exploitation would have to be increased way beyond the 80% mark. In this case, a more extensive utilisation of electricity storage systems would be useful. The calculated extra costs for this appear justifiable so that the challenges rather lie with technical and social issues.

Conclusions for the year 2020

Since there are no foreseeable structural changes in the composition of energy consumption or other disruptions between 2020 and 2030, conclusions for 2020 can be drawn from the results for 2030. The differences in the basic conditions must be taken into account, of course.

Because of the prospective continuing strong growth in the economy, a higher energy consumption was estimated for 2020 than for 2030 on the whole. At the same time, the potential for renewable energy in 2020 are lower than in 2030. This is due, on the one hand, to lower efficiency because the technologies will not be as far in their development. On the other hand, it was estimated that the potential for solar energy utilisation on buildings that building development will increase and building construction will concentrate more strongly on the use of solar energy.

These two parallel factors mean that the theoretically achievable coverage by renewable energy in 2020 must be below that in 2030. The possible speed of expansion, which seems to make utilisation of the technical potential in the approximately 3 years remaining until 2020 impossible, is another important factor of influence.

Nevertheless, 2020 is an important milestone in the goal achievement of 2030 because, in order to achieve a large or even full exploitation of the potential, especially in the use of solar energy, early efforts are necessary. At the same time, a look at the results of the RE potential 60% scenario clearly reveals that significant contributions to the electricity and heat supply can already be made with smaller expansion steps. Therefore, visible effects can be achieved even with a much smaller expansion by 2020.

5.2 THE ELECTRICITY SUPPLY

The greatest potential for supplying renewable energy in Xiuzhou lies in the use of solar energy. Photovoltaics in particular, but also solarthermics, can make important contributions to the energy supply. However, a 100% renewable power supply is not possible In Xiuzhou because the renewable energy potential are relatively limited. Part of the demand must therefore be covered by imports.

The future use of fossil and nuclear energy sources was purposely not examined in the scenarios. Both resources must be imported and the decision on their future use and the basic economic conditions lies largely outside the influence of Xiuzhou's politics and administration.

Electricity production

With full exploitation of the potential, up to 31% of Xiuzhou's electricity demand can be covered by photovoltaics. However, if electricity exports or curtailment of photovoltaic systems are undesirable, only about 55% of the solar areas may be occupied by photovoltaics.

Biomass is an important source of energy because of its controllable use. But even with full exploitation of the potential in highly efficient plants, only 6% of the electricity demand can be covered in 2030 (but 18% of the heating demand). The use of biomass should therefore be promoted as is already the case in various pilot projects.

ESTIMATED COSTS AND CO2 EMISSIONS OF THE ENERGY SUPPLY SCENARIOS

	Levellised total annual costs in billion RMB/a	Annual CO2 emissions in kt/a
RE potential 60%	10.28	3,040
RE potential 80%	10.38	2,791
RE potential 80% including batteries	10.80	2,738
RE potential max. including batteries	10.96	2,534

Energy storage devices

In order to avoid electricity exports and curtailment of photovoltaic systems, battery storages can be installed alternatively, which, however, come off worse economically under the cost assumptions made than electricity export or temporary curtailment of the systems. In view of the increase in self-sufficiency from renewable energy, electricity storage devices are only of relevance starting from potential exploitation factors of well above 80%. Below that, the surpluses are too small.

5.3 THE HEAT AND COLD SUPPLY

The future heating supply in Jiaxing-Xiuzhou is based mainly on electric heat pumps.

Heat and cold production

Electric heat pumps represent the most important technology for the heating supply at a low to medium temperature level for the future. They are used both for hot water and thermal heat production as well as for supplying process heat. Depending on the use of solarthermics, the coverage percentages are 63 to 83%.

Up to 19% of the heating demand can be covered by solarthermics with full exploitation of the potential. Solarthermics are planned here both for hot water production and for the provision of process heat. As for the heat pumps, however, it must be examined in which (industrial) processes the temperature level allows the replacement of fuel-powered heatings by solarthermics before concrete implementation.

Even so, 18% of the heating demand can be covered by means of biomass with full exploitation of the potential in highly efficient plants. The use of biomass should therefore be promoted as is already the case in various pilot projects.

Xiuzhou's cold supply is provided exclusively by electrically powered compression refrigeration machines. In addition, the partial use of absorption refrigeration machines would probably be useful and could lead to a further primary energy saving. However, closer knowledge of the local conditions, especially in industry, is necessary for this decision.

THERMAL STORAGE SYSTEMS

Thermal storage systems are part of the optimisation result in every scenario and are recommendable both technically and economically. They also allow the indirect storage of electricity surpluses by the roundabout route of electrical heat pumps and direct-electric heaters. They therefore also represent an important technology which should be considered for the replacement of heating systems both in residential buildings and in industrial processes.

5.4 THE ENERGY SUPPLY IN THE TRANSPORT SECTOR

The mobility energy demand is covered to 30% by electromobility, the rest from chemical and fossil energy sources.

The question to what extent individual transport will be relocated to public transport is open. In Jiaxing, the building of an underground railway with five lines is planned but no data had been published at the time of writing. However, the underground railway should contribute considerably to the mobility offer and at the same time to a migration towards electromobility.

6. MEASURES FOR IMPLEMENTING THE ENERGY CONCEPT FOR XIUZHOU

The core of the measures for the implementation of the energy concept for Xiuzhou is the recommendation to promote the central technologies photovoltaics, solarthermics, thermal heat pumps and thermal storage systems. Parallel to this, it is important to achieve the necessary increase in the energy efficiency. The already planned close-down of the small industrial coal-fired power stations is an important step in this direction.

6.1 OVERVIEW OF ALL MEASURES

	Measures	Energy sector	Investment costs	Local value creation
High priority	Training of energy consultants	System integration	low	low
	Introduction of legal minimum efficiency standards	System integration	low	low
	Expansion of photovoltaic utilisation on buildings	Electricity	high	high
	Specific addressing and motivation to increase energy efficiency potential in industry	Electricity, heat	low	low
	Motivating to use low-emission means of transport	Transport	low	low
	Promotion of use of bicycles by marking out cycle paths	Transport	high	medium
	Expansion of the local public transport system	Transport	high	medium
	Entry-level advice in industry by energy consultants	Electricity, heat	low	low
	Detailed consulting in industry based on an individual process analysis	Electricity, heat	medium	medium
	Expansion of solar thermal utilisation on buildings	Heat	high	high
	Installation of thermal heat pumps and direct electrical heaters	Heat	high	high
	Installation of thermal storage systems	Heat	high	high
	Promotion of use of bicycles by providing parking possibilities	Transport	medium	medium
	Promotion of electromobility by building up a battery charging infrastructure	Transport	high	medium
	Changeover to low-emission and efficient vehicle propulsion technology	Transport	high	medium
	Survey of present and future mobility demand	Transport	low	low
	Setting up a communal energy management	System integration	medium	low
Medium priority	Expansion of photovoltaic utilisation on open spaces	Electricity	high	medium
	Import of "green" electricity	Electricity	low	low
	Introduction of energy management systems in industry	Electricity, heat	high	low
	Energy saving guidelines for households	Electricity, heat	low	low
	Increase in efficiency in existing coal-fired power stations	Electricity, heat	high	medium
	Energy consulting offices and/or consultations for households	Electricity, heat	low	low
	Expansion of heating networks	Heat	high	high
	Stock-take of buildings and their energetic quality	Heat	low	low
	Installation of improved heat insulation	Heat	high	high
	Promotion of electric bicycles	Transport	low – medium	low – medium
	Introduction of job tickets for local public transport	Transport	low	low
	"City of short distances"	Transport	extra effort: low – medium	low – medium
	Training of energy auditors	System integration	low	medium
	Provision of low-interest loans and information about financing possibilities	System integration	low	low
	Set up of an energy register	System integration	medium	low
	Using the public sector as a role model	System integration	medium	medium
Low priority	Increase utilisation of domestic electricity by installation of battery storage devices	Electricity	high	medium
	Overview of energy-saving household appliances	Electricity	low	low
	Increase in the efficiency of heating and refrigerating devices	Heat	medium	medium

6.2 THE 7 MOST IMPORTANT MEASURES

The cornerstones of the 7 most important measures are outlined below. The following aspects are considered:

- Energy sector
- Starting point/motive
- Emission/environmental effect
- Costs/cost effectiveness
- Influence on the economic development

Training and certification of energy consultants, creation of basic conditions for example in the form of energy passes, training programmes and definition of training examinations

- System integration
- Assurance that qualified consultants can make reasonable suggestions for concrete measures, their costs and effects to participants
- • No direct effects
  • Indirect effect: Basic for successful implementation of efficiency measures and greenhouse gas reduction
- Training can be offered profitably, cost-neutral or also subsidised
- Resulting efficiency measures with positive effects

Introduction of legal minimum efficiency standards for heat insulation, design of buildings, use of lighting, efficiency of power stations and heating systems, energy consumption of motor vehicles

- System integration
- Support and promote the implementation of energy efficiency measures
- Check the actual effectiveness of efficiency measures
- Often a positive effect at least in the mid-term because the necessary investments are overcompensated by the reduction in energy costs due to energy savings
- Positive effects because implemented efficiency measures actually do achieve the expected savings and effects

Expansion of photovoltaic utilisation on buildings

- Electricity sector
- Development of great potential for the use of renewable energy on building roofs and façades
- Great reduction in greenhouse gas emissions and air pollutants by reduced use of coal
- Short-term high investments with long-term savings on fuel and energy purchase costs
- • Reduction of fuel and energy purchase costs of companies
  • Increased planning security for energy costs
  • Lower costs for environmental constraints

Specific addressing and motivation of participants to increase energy efficiency potential in industry

- Electricity, heat
- Identify and exploit existing energy potential
- Potential efficiency increase of up to 50% in the industrial sector and 10% in the service sector
- • Increasing manpower expense for the communities which will lead to lower expenses for rectifying health and environmental damages in case of success
  • Short-term investments are necessary for some individual measures
- Sinking production costs

Due to local public relations: Specific addressing and motivation of citizens, employers and logistic service providers to use low-emission means of transport

- Transport sector
- Use of energy-efficient and climate-friendly means of transport such as on foot, bicycles, local public transport, electric vehicles or gas-powered motor vehicles
- • No to low immediate effect
  • Indirect strong increase in the energy efficiency with considerable reduction in the transport-related emissions at the same time
- Manpower expense for the communities which will lead to lower expenses for rectifying health and environmental damages in case of success
- • Initially a rather damping effect because expenditure does not lead immediately to income
  • Mid-term increase in quality of life and reduction in expenditure for health and environmental damages

Promotion of use of bicycles by building or marking out cycle paths

	Transport sector
	Reduction of motorised individual transport
	Indirect reduction of greenhouse gas emissions and air pollutants by reduced use of fuel and less motorised individual transport
	Investment costs for the community which are much lower, however, than the expenses for motorised traffic
	Indirect positive effects by improvement of the quality of life and health of the inhabitants

Expansion of the local passenger traffic to a densely structured and close-knit public transport system, equipment of used vehicles with electric propulsion or use of natural gas as a fuel instead of diesel

	Transport sector
	Extensive replacement of individual mobility (except for bicycle traffic) by use of local public transport
	Reduction of greenhouse gas emissions and air pollutants by reduced use of fuel and less motorised individual transport
	• Investments necessary • Permanently higher costs for the community if local public transport is operated by the local authorities • Probably not fully amortised by ticket sales
	Indirect positive effects by improvement of the quality of life and health of the inhabitants

JIAXING-XIUZHOU: ENERGY TRANSFORMATION DESPITE LIMITED POTENTIAL

XIUZHOU 2030*

Population: 850,000 (2014: 376,000/588,000**)
Gross domestic product: 7.6 billion EUR (2015: 4.6 billion EUR)
Renewable energy percentage of final energy consumption: 57.5 % (2014: 2.49 %)

ELECTRICITY SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 7.46 TWh
Installed power: 2.67 GW
Annual electricity production: 2.63 TWh
Annual electricity imports: 5.86 TWh
Annual electricity exports: 0.12 TWh
Renewable energy percentage of electricity production: 100 %

HEATING SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 4.18 TWh
Installed power: 20.6 GW
Annual heat/cold production: 4.24 TWh
Annual stored quantity of heat: 0.77 TWh
Renewable energy percentage of the heating production: 100 %

TRANSPORT SECTOR 2030*

Annual final energy consumption: 2.14 TWh
Percentage of electromobility in the coverage of the mobility demand: 30 %

THE 7 MOST IMPORTANT MEASURES

Training of energy consultants
Introduction of legal minimum efficiency standards
Expansion of photovoltaic utilisation on buildings
Addressing and motivation to raise energy efficiency potentials in industry
Motivation to use low-emission means of transport
Promotion of use of bicycles by marking cycle paths
Expansion of local public transport system

* based on the efficiency consumption scenario 2030 and the supply scenario "EE potential 80 %"
** registered/permanent inhabitants

EXPANDING RENEWABLE ENERGY
SAVING ENERGY/IMPROVING EFFICIENCY
PROMOTING KNOWLEDGE AND EXCHANGE
ADAPTING AND EXPANDING THE INFRASTRUCTURE
CHANGING MOBILITY
STORING ENERGY
Import of "green" electricity
Expansion of photovoltaic utilisation on open spaces
Expansion of photovoltaic utilisation on buildings
Expansion of solar thermal utilisation on buildings
Installation of thermal heat pumps and direct electrical heaters
Introduction of energy management systems in industry
Increase in efficiency in existing coal-fired power stations
Specific addressing and motivation to increase energy efficiency potential in industry
Installation of improved heat insulation
Energy saving guidelines for households
Introduction of legal minimum efficiency standards
Setting up a communal energy management
Detailed consulting in industry based on an individual process analysis
Entry-level advice in industry by energy consultants
Energy consulting offices and/or consultations for households
Training of energy consultants
Survey of present and future mobility demand
Expansion of heating networks
Stock-take of buildings and their energetic quality
Promotion of use of bicycles by marking out cycle paths
Promotion of use of bicycles by providing parking possibilities
Expansion of the local public transport system
Changeover to low-emission and efficient vehicle propulsion technology
Motivating use low-emission means of transport
Promotion of electromobility by building up a battery charging infrastructure
Installation of thermal storage systems

THE MONITORING:

CONTINUOUSLY MONITOR MEASURES AND THEIR EFFECT

1. THE MONITORING PROCEDURE

Continuous monitoring of the measures and their effects is necessary for successful implementation of energy concepts in order to be able to quickly recognise any deficits and needs for adaptation. Systematic monitoring is recommended for this.

Monitoring checks to what extent the determined measures of an energy concept are implemented and what effect the implementation shows, i.e. what progress the transformation of the energy system has made. This ensures, on the one hand, that measures are really carried out as planned, on the other hand the monitoring shows whether the catalogues of measurements need to be adapted or changed. The monitoring concept includes the following steps:

1) Appointment of a person or organisational unit (energy department, energy or climate protection manager) for the control and execution of the entire process

2) The political bodies pass resolutions for a target scenario for the years 2020 and 2025 respectively after examining the energy scenarios suggested in the energy concept.

3) Selection and determination of the measures required to achieve the target scenarios

4) Indicators are determined for the selected measures with which the respective degree of implementation can be quantified (for example installed photovoltaic power in MW or expansion of the local railway transport network in km). For these indicators, the target values for the years 2020 and 2025 are determined. It is determined whether the expansion is to be linear (the same expansion every year for example) or exponential (the same growth rate every year) or other.

5) Resolution and publication of the measures, the quantified goals and expansion plans by the political bodies

6) Creation of an overview with all measures and indicators as well as their planned development by the year 2020 and 2025 as a specification

7) It is recommended for the city to create promotion mechanisms and incentives or determine sanctions to successfully achieve the agreed measures and goals.

8) Annual survey of the indicators and comparison with the nominal specifications as well as compilation of an annual report with a clear representation of in which areas the implementation of measures is proceeding according to plan and in which areas the plan was not achieved

9) Extension of the implementation overview with explanations and assessment of why any of the nominal specifications for individual indicators was not achieved (for example to unexpected technical or framework conditions – legal regulations or economic development – to lack of financial or personnel resources etc.)

10) Revision of the goals for the indicators, if required, for the following years in order to either reach the original goals or to adapt the goals

2. THE CREATION OF AN ENERGY AND CLIMATE BALANCE

In the course of the monitoring, it is to be examined how the energy consumption and the energy production as well as the percentage of renewable energy is developing. An energy and climate balance must be created and updated annually for this examination. The following procedure is suitable for this

1) First the relevant data are determined that are to be included in the balance. The sectors electricity, heat, cold and local mobility must be considered.
The decision which parameters are to be recorded in the balance and therefore updated annually depends, on the one hand, on how important these parameters are for the balance and, on the other hand, on to what extent the data are available or what effort is required to record them.

2) All parameters to be recorded for the balance should be defined in an explanatory document. It should also be described from which sources these concrete data are to be obtained and what calculations or additional assumptions might be necessary to prepare the data for the balance.

3) The energy and climate balance should be drawn up and published every year at a fixed time. The time of creation depends on when up-to-date information from the previous year is available and how long the balance takes to compile. A responsible department of the city government must be appointed to compile and publish the balance. This department can either collect the data itself or employ specialists.

4) In addition to the data part, the balance should be explained. For example, it is important to assess whether a possible increase in energy consumption was proportionally or considerably less than the population or economic growth. Other influential factors should also be explained in this balance, like special weather conditions during the reporting period that impacted the supply of renewable energy. By comparing with desired values, it should be possible to determine whether the real development corresponds to what was expected or whether it is necessary to enhance certain measures, for example.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Registered office of the company
Bonn and Eschborn

Sunflower Tower
Maizidian Str. 37, Chaoyang District
100125 China, Beijing

T +86 10 85275180, F +86 10 85275185

E giz-china@giz.de, I www.giz.de/china

Energiekonzepte für die Modellstädte Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou

Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

Gefördert durch:

Bundesministerium
für Umwelt, Naturschutz
und nukleare Sicherheit

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Energiekonzepte für die Modellstädte Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou

Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

IMPRESSUM

Titel:
Energiekonzepte für die Modellstädte Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou. Zusammenfassung wichtiger Ergebnisse

Impressum:
Die städtischen Energiekonzepte für Dunhuang, Jiaxing (Stadtteil Xiuzhou) und Xintai werden im Rahmen der „Deutsch-Chinesischen Klimapartnerschaft“ herausgegeben. Als Teil der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) wird das Projekt vom Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) beauftragt und von der Deutschen Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH in Zusammenarbeit mit der Staatlichen Kommission für Entwicklung und Reform (NDRC) und der Nationalen Energieadministration (NEA) der Volksrepublik China und dem China National Renewable Energy Centre (CNREC) implementiert. Als Bundesunternehmen unterstützt die GIZ die deutsche Bundesregierung bei der Erreichung ihrer Ziele in der internationalen Zusammenarbeit für nachhaltige Entwicklung.

Herausgeber:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sitz der Gesellschaft
Bonn und Eschborn
Sunflower Tower
Maizidian Str. 37, Chaoyang District
100125 China, Beijing
T +86 10 85275180, F +86 10 85275185
E giz-china@giz.de, I www.giz.de/china

Leitung der Studie:
Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Sandra Retzer und Paul Recknagel

Hauptautoren:
Fraunhofer-Institut für Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE)
Dr. Stefan Bofinger
Dr. Gudrun Franke-Braun
Dr.-Ing. Kaspar Knorr
Prof. Dr. Kurt Rohrig

Fraunhofer-Institut für Solare Energiesysteme (ISE)
Jan-Bleicke Eggers
Si Li
Gerhard Stryi-Hipp

Fraunhofer-Institut für Bauphysik (IBP) Kassel
Dr. Christina Sager-Klauß
M. Sc. Patrick Schumacher

Fachliche Steuerung und Koordination:
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH
Ma Qiongying

China National Renewable Energy Research Centre (CNREC)
Dr. Ren Dongming
Yuan Jingting
Sun Peijun
Liu Qin
Hu Runqing
Hang Yu

Technische Beratung:
Beijing Jiashu Technology Consulting Co.
Dr. Yang Guangxi
Xu Hanya
Lu Jinzhen
Han Wei
Yin Yue

Besonderer Dank gilt Frau Yuan Baorong (CECEP Consulting), Herrn Dr. He Jijiang (Tsinghua-Universität) sowie Herrn Fan Jingchun (China University of Petroleum) für die Durchsicht und Kommentierung der Konzepte.

Redaktion, Layout, Infografik:
INFOTEXT GbR, Berlin
Andreas Kaizik, Christine Schulz, Stefanie Weber, Lena Ziyal

Haftungsausschluss:
Die GIZ und die Autoren gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder die GIZ noch die Autoren übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Die kartografischen Darstellungen dienen nur dem informativen Zweck und beinhalten keine völkerrechtliche Anerkennung von Grenzen und Gebieten. Die GIZ übernimmt keinerlei Gewähr für die Aktualität, Korrektheit oder Vollständigkeit des bereitgestellten Kartenmaterials. Jegliche Haftung für Schäden, die direkt oder indirekt aus der Benutzung entstehen, wird ausgeschlossen. Für Inhalte externer Seiten, auf die hier verwiesen wird, ist stets der jeweilige Anbieter verantwortlich.

Titelfoto: INFOTEXT GbR, Lena Ziyal

Im Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

© Beijing, September 2018

Gefördert durch:
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages

ABKÜRZUNGEN UND EINHEITEN

°C	Grad Celsius
%	Prozent
a	Jahr
BIP	Bruttoinlandsprodukt
CNREC	China National Renewable Energy Centre
CO_2	Kohlenstoffdioxid
CSP	Concentrated Solar Power
d	Tag
EUR	Euro
EW/km²	Einwohner pro Quadratkilometer
GIS	Geoinformationssysteme
GW	Gigawatt
GWh	Gigawattstunde (1 GWh = 1.000.000 kWh)
GWh/a	Gigawattstunden pro Jahr
h	Stunde
ha	Hektar (1 ha = 10.000 m², 100 ha = 1 km²)
JAZ	Jahresarbeitszahl einer Wärmepumpe, gibt das Verhältnis von eingesetztem Strom zu erzeugter Heizwärme an
kg	Kilogramm
km²	Quadratkilometer (1 km² = 1.000.000 m²)
km²/MW	Quadratkilometer pro installiertes Megawatt, Flächenbedarfswert
km/a	Kilometer pro Jahr
kt	Kilotonnen (1 kt = 1.000 t)
kW	Kilowatt
kWh	Kilowattstunde
kWh/kg	Kilowattstunden je Kilogramm
kWh/t	Kilowattstunden je Tonne
KWK	Kraft-Wärme-Kopplung
l	Liter
Lkw	Lastkraftwagen
m²	Quadratmeter
m³	Kubikmeter
Mio.	Millionen
MJ/$$_{2011}$ GDP	Megajoule pro generiertem US-Dollar BIP (engl. GDP = gross domestic product)
Mrd.	Milliarden
mm	Millimeter
MW	Megawatt
MW_{peak}	Megawatt peak, Einheit für die Spitzenleistung
NDRC	Staatliche Kommission für Entwicklung und Reform (National Development and Reform Commission)
NEA	Nationale Energieadministration (National Energy Administration)
NEC	New Energy City (chinesisches Förderprogramm für Klimaschutz und Energiewende in Chinas Städten)
Pkw	Personenkraftwagen
RMB	Renminbi (chinesische Währung)
t	Tonne
t/a	Tonnen pro Jahr
THG	Treibhausgas
TWh	Terawattstunden (1 TWh = 1.000 GWh)
Vm³	Volumenbezeichnung in der Forstwirtschaft, die die Holzmasse ohne Hohlräume angibt
Vm³/ha	Volumen der Holzmasse ohne Hohlräume je Hektar

VORWORT

Sehr geehrte Damen und Herren,
liebe Leserinnen und Leser,

die chinesische Energierevolution, das Pendant zur deutschen Energiewende, steht vor immensen Herausforderungen. Obwohl der Anteil an erneuerbaren Energien in der letzten Zeit rasant zugenommen hat und im Jahr 2017 mehr als ein Viertel (26,5 %) des Stroms in China aus erneuerbaren Energien erzeugt worden ist, wird Chinas Energiehunger noch auf Jahre hinaus mehrheitlich durch Kohle gestillt werden. Getrieben durch zunehmende Urbanisierung, wachsenden Wohlstand und eine nach wie vor starke wirtschaftliche Entwicklung, steigt die Nachfrage nach Energie. Mit knapp einem Fünftel der Weltbevölkerung und circa 27 % des globalen Treibhausgasausstoßes ist China der mit Abstand größte Treibhausgasemittent weltweit. Chinas Beitrag zum internationalen Klimaschutz ist damit von entscheidender Bedeutung. Eine Eindämmung des globalen Klimawandels kann nur zusammen mit dem starken Partner China erfolgen.

Auch der Umweltschutzaspekt spielt eine gewichtige Rolle bei der Umsetzung der chinesischen Energiewende. Bestrebungen, die notorische Luftverschmutzung in den Ballungs- und Industriezentren auf Dauer zu reduzieren, sind wesentliches Ziel der chinesischen Umweltpolitik. In den letzten Jahren investierte China jährlich rund 120 Mrd. € in den Umweltschutz, und die Transformation zu einer klimaverträglichen Volkwirtschaft wurde als strategische Priorität festgesetzt. International verpflichtet sich die Volksrepublik im Rahmen der Pariser Klimaschutzvereinbarung, bis spätestens 2030 (1) den Scheitelpunkt für Treibhausgasemissionen zu erreichen, (2) die CO_2-Emissionen pro BIP-Einheit um mindestens 60 % (im Vergleich zu 2005) zu senken und (3) den Anteil nicht fossiler Energieträger am Primärenergieverbrauch auf mindestens 20 % zu erhöhen. Für diese ambitionierten Ziele reicht auch China die Energiewende im Stromsektor allein nicht, sondern es bedarf ebenso einer Transformation des Wärme- und Verkehrssektors.

Städte sind das Herzstück der Energiewende

Weltweit werden etwa 70 % des Endenergieverbrauchs sowie der CO_2-Emissionen Städten und Ballungszentren zugeschrieben. Lokale Akteure, Städte und Kommunen sind damit von herausragender Bedeutung für das Gelingen der Energiewende. Eine erfolgreiche chinesische Klimapolitik ist daher entscheidend auf die Umsetzung einer urbanen Energie-, Verkehrs- und Wärmewende angewiesen. Ein maßgebliches Instrument hierfür sind integrierte, kommunale Energie- und Klimaschutzkonzepte, die individuell vor Ort entwickelt und umgesetzt werden.

Die ersten Konzepte zum kommunalen Klimaschutz und zur Förderung der Energiewende in deutschen Städten wurden bereits vor über 25 Jahren umgesetzt. Heute fördert die Bundesregierung die Erstellung von kommunalen Energie- und Klimaschutzkonzepten im Rahmen der Nationalen Klimaschutzinitiative (NKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU). Von 2008 bis Ende 2017 entwickelten etwa 900 deutsche Städte und Kommunen Klimaschutzkonzepte und über 1.100 weitere Städte Teilkonzepte.

Die in Deutschland gemachten Erfahrungen und Best Practices werden im Rahmen der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) des BMU auch in China verbreitet. Die IKI unterstützt im Bereich THG-Minderung seit 2008 Partnerländer bei der Entwicklung und Umsetzung innovativer Instrumente zur Reduzierung ihrer Treibhausgasemissionen. Das Ziel ist eine Transformation hin zu einer nachhaltigen und emissionsarmen Wirtschafts- und Versorgungsstruktur.

Als Teil des von der IKI geförderten bilateralen Projekts „Deutsch-Chinesische Klimapartnerschaft“ wurden unter Federführung des BMU zusammen mit der Nationalen Energieadministration der V. R. China (NEA) drei Deutsch-Chinesische Pilotstädte (Sino-German New Energy Demonstration Cities) bei der Entwicklung einer langfristigen Vision zur nachhaltigen Transformation der städtischen Energieversorgung unterstützt. Ziel war es, den chinesischen Städten mithilfe eines integrierten Energiekonzeptes und der darin enthaltenen Maßnahmenkataloge konkrete Pfade und praktische Handlungsempfehlungen zur Förderung der kommunalen Energiewende aufzuzeigen. Die integrierten Energiekonzepte basieren auf einer ganzheitlichen Analyse des lokalen Energie-, Verkehrs- und Wärmesektors und beinhalten sowohl angebots- als auch nachfrageseitige Maßnahmen zur Effizienzsteigerung und zum Ausbau erneuerbarer Energien.

Diese Broschüre bündelt die wesentlichen Ergebnisse aus den Energiekonzepten der drei Sino-German New Energy Demonstration Cities – Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou. Auf prägnante und anschauliche Art werden hier die Energiekonzepte zusammengefasst, die über einen Zeitraum von knapp zwei Jahren, koordiniert durch die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, von einem Konsortium aus Fraunhofer-Instituten gemeinsam mit chinesischen Partnern und Städtevertretern erarbeitet wurden. Wir sind überzeugt, dass die Ergebnisse einen wichtigen Schritt in die richtige Richtung bedeuten, und hoffen, dass auch viele andere Städte in China, Deutschland und weltweit dem Beispiel einer integrierten, auf erneuerbare Energien basierenden Energiekonzepterstellung folgen werden. Lassen Sie uns dabei integrierte Energiekonzepte nicht als Abschluss, sondern vielmehr als Ausgangspunkt für die Umsetzung globalen städtischen Klimaschutzes verstehen.

Nicht zuletzt danken wir allen Mitwirkenden für ihre tatkräftige Unterstützung bei der Umsetzung und Realisierung der drei Energiekonzepte. Neben den Experten sei insbesondere der Vielzahl an Akteuren aus Politik, Wirtschaft und Wissenschaft in den Pilotstädten Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou gedankt.

Wir wünschen Ihnen eine anregende Lektüre!

Dr. Vera Rodenhoff
Referatsleiterin IK I 4 – Internationale Zusammenarbeit zu Umwelt, Energie und Städten, OECD und Zusammenarbeit mit OECD-Ländern
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU)

Sandra Retzer
Leiterin des Clusters „Nachhaltige Urbanisierung, Transport und Energie“ der GIZ China
Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

EXECUTIVE SUMMARY

Unter der Schirmherrschaft des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) sowie der Nationalen Energieadministration der Volksrepublik China (NEA) unterstützte die Deutsch-Chinesische Klimapartnerschaft drei chinesische Pilotstädte bei der Entwicklung integrierter Energie- und Klimaschutzkonzepte. Der Startschuss des Projekts fiel Anfang 2015 mit der Auswahl der drei Städte Dunhuang, Xintai und Jiaxing-Xiuzhou. Bis Mitte 2017 entwickelte ein Konsortium der Fraunhofer-Institute für Bauphysik (IBP), Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) und Solare Energiesysteme (ISE), koordiniert durch die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH und in Zusammenarbeit mit chinesischen Partnern und Städtevertretern die Konzepte, welche in dieser Publikation in aggregierter Form vorliegen.

Jedes Energiekonzept bildet auf Grundlage einer ganzheitlichen Status-quo-Analyse der kommunalen Energie-, Verkehrs- und Wärmesektoren eine individuelle Planungsgrundlage für die zukünftige Entwicklung von Energieversorgung und -bedarf mit dem Ziel einer möglichst weitreichenden Reduzierung der lokal verursachten CO_2-Emissionen. Zentraler Bestandteil ist dabei die Ermittlung der örtlichen Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energien. Gleichzeitig geben die Konzepte kommunalen Entscheidern Maßnahmenkataloge an die Hand, die konkrete nächste Schritte und Handlungsoptionen zur Förderung der lokalen Energiewende verdeutlichen.

Diese Executive Summary gibt die Inhalte der vorliegenden Publikation auf prägnante Art und Weise wieder und fasst die wichtigsten Ergebnisse der drei Energiekonzepte zusammen.

DUNHUANG

Dunhuang ist eine Oasenstadt mit circa 140.000 Einwohnern im Nordwesten Chinas. Als ehemaliges Handels- und Kulturzentrum an der Seidenstraße ist Dunhuang heute ein touristischer Anziehungspunkt. Dies spiegelt sich im starken Dienstleistungssektor wider, der zu circa 55 % zum kommunalen Bruttoinlandsprodukt beiträgt (der Anteil der Industrie und Landwirtschaft beträgt je 33 % beziehungsweise 12 %).

Größter Endenergieverbraucher ist der Wärmesektor mit circa 74 % des Endenergiebedarfs, gefolgt vom Verkehrssektor mit 19 % und dem Stromsektor mit 7 %. Zur Deckung des lokalen Energiebedarfs im Wärme- und Verkehrssektor ist Dunhuang aktuell auf den Import fossiler Brennstoffe angewiesen. Im Gegensatz dazu ist die Stadt aufgrund hoher Stromüberschüsse aus Photovoltaik und Wasserkraft ein Stromexporteur. Abgesehen von Kraftwerken mit Wärmeauskopplung existieren keine konventionellen, fossilen Kraftwerke zur Stromerzeugung.

Auf Basis der Ist-Analyse und unter Berücksichtigung der Potenziale zur Nutzung erneuerbarer Energien definiert das Energiekonzept Dunhuangs das Ziel einer 100%igen erneuerbaren Energieversorgung in allen Sektoren bis 2025. Das Konzept zeigt auch, dass dies nicht nur ambitioniert, sondern aufgrund der hervorragenden (Wetter-)Bedingungen auch realisierbar ist. Dank der hohen Erneuerbare-Energien-Potenziale kann eine stündliche Deckung des Energiebedarfs über das gesamte Jahr erreicht sowie ein vollständig emissionsfreies Energiesystem umgesetzt werden.

Der zukünftige Energiebedarf sollte durch den gezielten Ausbau von Solarenergie und Windkraft gedeckt werden. Der Fokus auf Photovoltaik und solarthermische Kraftwerke liegt schon wegen der sehr hohen Sonneneinstrahlung nahe. Komplementär ist Windenergie aus systemtechnischer Sicht vorteilhaft, da diese in Dunhuang insbesondere regelmäßig am späten Abend und in der Nacht erhöhte Strommengen einspeist. Ohne weitreichende Effizienzsteigerungen in allen Sektoren sind die zur Realisierung einer vollständigen erneuerbaren Energieversorgung zu installierenden Windenergie- und Photovoltaikleistungen jedoch als sehr hoch einzustufen (insgesamt 32 GW installierte Leistung).

Eine flächendeckende Einführung von hocheffizienten Wärmepumpen könnte den vorgesehenen Photovoltaik- und Windenergieausbaukorridor jedoch erheblich reduzieren (auf 8 GW installierte Gesamtleistung). Für diesen Fall muss eine Verdrei- bis Vervierfachung der heute für Photovoltaik genutzten Flächen und die Errichtung von mindestens zwei Windparks vorgesehen werden. Konkret werden im Maßnahmenkatalog deshalb unter anderem kommunale Fördermechanismen für Wärmepumpen wie beispielsweise Investitionszuschüsse oder zinsvergünstigte Darlehen vorgeschlagen. Neben der Nutzung von Wärmepumpen sollte die Stadt weitere Maßnahmen zur Sektorenkopplung (Power-to-Heat, Power-to-Gas sowie Strom- und Wärmespeicher) ergreifen, um die großen Stromüberschüsse aus erneuerbaren Energien im Wärme- und Verkehrssektor effektiv nutzen zu können.

Generell nehmen Energieeffizienz- und Energieeinsparmaßnahmen einen hohen Stellenwert in Dunhuangs Energiekonzept ein. Im Wärmesektor sollten Niedrigstenergiestandards für Gebäude eingeführt und im Verkehrssektor die Nutzung von Fahrrädern und der öffentliche Nahverkehr gefördert werden. Zur Verringerung des Energieverbrauchs im Verkehrssektor sind zudem Konzepte zur intelligenten Stadt- und Quartiersplanung umzusetzen. Auch durch die Umstellung privater Kraftfahrzeuge auf Elektromotoren ließe sich der Primärenergiebedarf im Verkehrssektor mehr als halbieren und gleichzeitig Potenziale zur Sektorenkopplung heben.

In einer abschließenden wirtschaftlichen Betrachtung wird gezeigt, dass zur Realisierung eines solch ambitionierten Energieversorgungssystems – je nach umzusetzenden Maßnahmen und angestrebtem Szenario – jährliche Investitionen von 700 Mio. bis 3,8 Mrd. EUR notwendig wären. Dass dies bei Dunhuangs BIP von heute rund 1,5 Mrd. EUR eine immense Herausforderung darstellt, steht außer Frage. Dennoch legen das Konzept und die vorgeschlagenen Maßnahmen den Grundstein für die langfristige Vision eines emissionsfreien Dunhuangs, die es – wenn auch in kleinen Schritten – zu verfolgen gilt.

XINTAI

Die Stadt Xintai (1,4 Mio. Einwohner) liegt in der Provinz Shandong im Osten Chinas und ist geprägt durch die Bergbau-, Fertigungs- und Energieindustrie. Im Gegensatz zu Dunhuang beträgt der Industrieanteil am BIP 51 % (Landwirtschaft: 7 %, Dienstleistungen: 42 %). Steinkohle beherrscht nicht nur 84 % des Bergbaus, sondern auch den Großteil der Energieversorgung, welche durch neun Kohlekraftwerke gedeckt wird. Obwohl erneuerbare Energiequellen bislang noch wenig erschlossen sind, will die Stadtregierung den zukünftigen energiestrategischen Schwerpunkt auf den Ausbau von Photovoltaik-Freiflächenanlagen legen. Bis 2020 plant Xintai die Realisierung von insgesamt 30 Photovoltaikprojekten mit einer installierten Gesamtleistung von 2 GW. Aber nicht nur für Photovoltaik, sondern auch für den Windkraftausbau bieten die flächige Ausdehnung und die passende topografische Struktur der Stadt große Potenziale.

Für Xintai werden in verschiedenen Szenarien unterschiedliche Visionen für die kommunale Energiewende bis zum Jahr 2030 entwickelt. Bereits im Referenzszenario kann gezeigt werden, dass durch den massiven Ausbau der Photovoltaik (auf 8 GW installierte Leistung) und Windenergie (insgesamt 1 GW Leistung) eine bilanziell 100%ige erneuerbare Versorgung im Stromsektor möglich ist. Ohne verstärkte Anstrengungen zur lokalen Nutzung muss jedoch Strom exportiert werden. Da Stromexport mit einem entsprechenden Netzausbau verbunden ist sowie die überregionale Einbindung und Regelung der Stromerzeugung erfordert, wäre eine starke Abhängigkeit von übergeordneten Energiestrategien die Folge. Um dies zu vermeiden, wird eine konsequente Sektorenkopplung empfohlen. Maßnahmen zur Strom-Wärme-(Kälte-)Kopplung, wie beispielsweise der verstärkte Einsatz von Wärmepumpen, ermöglichen es, ansonsten zu exportierende Stromüberschüsse in anderen Verbrauchsektoren lokal zu nutzen und den Erneuerbare-Energien-Anteil insgesamt zu erhöhen. Zusätzliche Energieeffizienzmaßnahmen (unter anderem eine Abwrackprämie für ineffiziente Industriemotoren und Effizienzstandards

für Neubauten) reduzieren den Endenergiebedarf um 15 % gegenüber dem Referenzszenario. Dadurch lässt sich ein Eigenversorgungsgrad aus erneuerbaren Energien bis zum Jahr 2030 von 70 % erreichen.

Xintai ist ein eindrückliches Beispiel für die Energiewende eines industriellen Bergbaugebiets. Das Energiekonzept zeigt auf, dass sich Xintai in Zukunft zu über zwei Dritteln aus erneuerbaren Energien versorgen könnte. Die jährlichen Gesamtkosten für die Umsetzung des Konzepts lägen zwischen 800 und 950 Mio. EUR und entsprächen circa 10 % von Xintais BIP (9,77 Mrd. EUR).

Neben der technischen und regulativen Umsetzung und Finanzierung der kommunalen Energiewende wird auch der Strukturwandel selbst Xintai vor große Herausforderungen stellen. Das Energiekonzept liefert auch hierfür Anknüpfungspunkte für eine zukunftsgewandte kommunale Wirtschaftspolitik durch die Einschätzung vorgeschlagener Maßnahmen bezüglich der lokalen Wertschöpfung.

JIAXING-XIUZHOU

Xiuzhou ist einer der beiden Distrikte der chinesischen Stadt Jiaxing mit circa 590.000 Einwohnern. Gekennzeichnet durch einen hohen Industrialisierungs- und Entwicklungsgrad ist die Stadt repräsentativ für viele prosperierende Industriestädte an der Ostküste Chinas. Am BIP Xiuzhous in Höhe von circa 4,6 Mrd. EUR beträgt der Anteil des Industriesektors etwa 54 % (Landwirtschaft: 5 %, Dienstleistungen: 41 %). Mit 86 % ist die Industrie auch der größte Stromverbraucher. 40 % des Strom- und 74 % des Prozesswärmebedarfs aller Industriesektoren entfallen auf die Textilindustrie.

Xiuzhou ist stark von Kohle-, Strom- und Kraftstoffimporten abhängig. So beruht beispielsweise die Stromversorgung zu 83 % auf großen Kohle- und Kernkraftwerken außerhalb der Stadtgrenzen. Innerhalb Xiuzhous existieren lediglich kleine und ineffiziente Kohlekraftwerke. Anstatt zentraler Wärmeversorgungssysteme für Haushalte werden dezentrale Heizgeräte eingesetzt, die meist elektrisch betrieben werden. Aufgrund der dichten Bebauung und einer Priorisierung von Landwirtschaft gegenüber Erneuerbare-Energien-Projekten (insbesondere Freiflächenphotovoltaik und Windkraft) stehen Xiuzhou nur sehr begrenzte Flächen und Möglichkeiten für den Ausbau erneuerbarer Energiequellen zur Verfügung. In erster Linie sind dies Gebäudeflächen (Dächer und Wände) für die Solarenergienutzung, aber auch ein nennenswertes Biomasse- und ein kleineres Geothermiepotenzial. Deshalb ist der Solarenergieausbau, vor allem durch Photovoltaik und Solarthermie, eine der zentralen Empfehlungen für Xiuzhou.

In Xiuzhous Energiekonzept werden für das Zieljahr 2030 verschiedenste Szenarien abgeleitet, die sich hauptsächlich durch den Ausnutzungsgrad der lokalen Potenziale an erneuerbaren Energien unterscheiden (zwischen 60 % und 100 %). Bei einer 100%igen Ausnutzung vorhandener Potenziale ließe sich der Gesamtendenergiebedarf zu circa 58 % aus erneuerbaren Energien decken. Hierzu müsste Xiuzhou vor allem bestehende Potenziale zur Effizienzsteigerung, vorrangig in der Industrie, erschließen. In Zukunft sollten für Neubauten verpflichtende Maßnahmen zur Energieeinsparung wie beispielsweise Wärmedämmung, eine solarfreundliche Architektur und eine Pflicht zur Nutzung von Photovoltaik und Solarthermie vorgeschrieben werden. Da der Verkehrssektor bereits heute einen hohen Energiebedarf aufweist, der zu 91 % durch Pkws verursacht ist und zukünftig noch steigen wird, stellt der Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs einschließlich des Einsatzes emissionsarmer und elektrischer Fahrzeuge eine weitere wichtige Maßnahme dar. Zusätzlich wird der Ausbau der Fahrradinfrastruktur empfohlen.

Auch für Xiuzhou werden die Umsetzungskosten des Energiekonzepts abgeschätzt. Die jährlichen Gesamtkosten belaufen sich demnach auf etwa 1,3 bis 1,4 Mrd. EUR (etwa 30 % des BIP von 4,6 Mrd. EUR). Auch dies ist ein ambitionierter Wert. Durch die Priorisierung aller vorgeschlagenen Maßnahmen wird – ebenso wie in den beiden anderen Konzepten – jedoch eine Möglichkeit für Xiuzhou aufgezeigt, zunächst nur die wichtigsten und effektivsten Maßnahmen anzugehen und damit bei vergleichsweise moderaten Kosten größtmögliche Wirkung zu erzielen.

Die Rahmenbedingungen und wichtigsten Eckpunkte der Energiekonzepte und Szenarien aller Städte sind in der nachfolgenden Tabelle abschließend dargestellt. Grafische Übersichten der jeweiligen Maßnahmenkataloge finden sich als „Maßnahmenpanoramen“ in den Abschnitten „Dunhuang: Auf dem Weg zu einem vollständig CO_2-freien Energiesystem“ (S. 18), „Xintai: Vom industriellen Bergbaugebiet zur emissionsarmen Wirtschaftsregion“ (S. 34) und „Jiaxing-Xiuzhou: Energietransformation trotz begrenzter Potenziale“ (S. 52).

WICHTIGE KENNZAHLEN DER DREI STÄDTE IM VERGLEICH

Kennzahl	Dunhuang	Xintai	Jiaxing-Xiuzhou
Wirtschaftliche und geografische Daten			
BIP in Mrd. EUR	1,50	9,77	4,60
Bevölkerung in Mio.	0,14	1,40	0,59
Wirtschaftsstruktur in % (Verhältnis der Sektoren Landwirtschaft : Industrie : GHD)	12 : 33 : 55	7 : 51 : 42	5 : 54 : 41
Stadtfläche in km²	31.200	1.946	548
Energiedaten			
Endenergiebedarf im Referenzjahr[1] (gesamt) in GWh	4.377	11.238	14.486
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergiebedarf im Referenzjahr in %	18,3	-	2,5
Struktur des Endenergiebedarfs im Referenzjahr in % (Verhältnis der Sektoren Strom : Wärme : Verkehr)	7 : 74 : 19	13 : 65 : 22	43 : 31 : 26
Ergebnisse aus den Energiekonzepten, je nach Maßnahmen			
Endenergiebedarf im Zieljahr[2] (gesamt) in GWh	5.509 (Effizienz-Energiebedarfsszenario)	14.974 (Integriertes Energiesystemszenario)	13.781
Anteil erneuerbarer Energien am Endenergiebedarf im Zieljahr in %	100	70 (Eigenversorgungsgrad)[3]	58
installierte Leistungen der erneuerbaren Energien im Zieljahr in GW	8,6 bis 45,8	10,5 bis 11,3	21,1 bis 29,0
jährliche Gesamtkosten in Mrd. EUR	0,7 bis 3,8	0,8 bis 0,95	1,3 bis 1,4

1 Referenzjahr für Xintai und Xiuzhou: 2014; für Dunhuang: 2015
2 Zieljahr für Xintai und Xiuzhou: 2030; für Dunhuang: 2025
3 Der Eigenversorgungsgrad sagt aus, an wie vielen Stunden des Jahres der Energiebedarf aus lokalen Erneuerbare-Energien-Anlagen gedeckt werden kann. Berücksichtigt man darüber hinaus den Anteil exportierter Energie aus erneuerbaren Quellen, so übersteigt die erzeugte Energiemenge aus erneuerbaren Quellen den Energiebedarf aller Sektoren Xintais im Zieljahr.

INHALTSVERZEICHNIS

Impressum ... IV
Vorwort ... VI
Executive Summary ... VIII
Inhaltsverzeichnis ... XII

Einführung ... 1
Das Energiekonzept für Dunhuang ... 2
1. Dunhuang – touristischer Anziehungspunkt in der Wüste Gobi ... 2
2. Die energetische Ausgangssituation der Stadt ... 3
2.1 Ist-Situation: Der Energiebedarf ... 3
2.2 Ist-Situation: Die Energieversorgung ... 4
3. Potenziale für den Ausbau von erneuerbaren Energien ... 6
3.1 Wind- und Solarenergie ... 6
3.2 Weitere erneuerbare Energieträger ... 6
3.3 Geothermie und Wärmepumpe ... 7
4. Der künftige Endenergiebedarf Dunhuangs: Drei Szenarien ... 7
4.1 Am wahrscheinlichsten: Das Basis-Energiebedarfsszenario ... 7
4.2 Besonders wünschenswert: Das Effizienz-Energiebedarfsszenario ... 8
4.3 Suboptimal: Das Risiko-Energiebedarfsszenario ... 9
5. Die künftige Energieversorgung Dunhuangs ... 9
5.1 Fünf Energieversorgungsszenarien ... 9
5.2 Die Stromversorgung ... 11
5.3 Die Wärmeversorgung ... 12
5.4 Die Energieversorgung im Verkehrssektor ... 13
6. Maßnahmen zur Umsetzung des Energiekonzeptes für Dunhuang ... 13
6.1 Übersicht aller Maßnahmen ... 14
6.2 Die 5 wichtigsten Maßnahmen ... 15
7. Dunhuang: Auf dem Weg zu einem vollständig CO_2-freien Energiesystem ... 16

Das Energiekonzept für Xintai ... 18
1. Xintai – vom Kohlebergbau geprägt ... 18
2. Die energetische Ausgangssituation der Stadt ... 19
2.1 Ist-Situation: Der Energiebedarf ... 19
2.2 Ist-Situation: Die Energieversorgung ... 21
3. Potenziale für den Ausbau von erneuerbaren Energien ... 22
3.1 Wind- und Solarenergie ... 22
3.2 Weitere erneuerbare Energieträger ... 22
4. Der künftige Energiebedarf und die künftige Energieversorgung Xintais ... 24
4.1 Drei Szenarien für Bedarf und Versorgung ... 24
4.2 Die Stromversorgung im integrierten Energiesystemszenario ... 27
4.3 Die Wärme- und Kälteversorgung im integrierten Energiesystemszenario ... 28
4.4 Die Energieversorgung des Verkehrssektors im integrierten Energiesystemszenario ... 28
5. Maßnahmen zur Umsetzung des Energiekonzeptes für Xintai ... 28
5.1 Übersicht aller Maßnahmen ... 29
5.2 Die 6 wichtigsten Maßnahmen ... 30
6. Xintai: Vom industriellen Bergbaugebiet zur emissionsarmen Wirtschaftsregion ... 32

Das Energiekonzept für Jiaxing-Xiuzhou ... 34
1. Jiaxing-Xiuzhou – eine prosperierende Industriestadt ... 34
2. Die energetische Ausgangssituation des Stadtbezirks ... 35
2.1 Ist-Situation: Der Energiebedarf ... 35
2.2 Ist-Situation: Die Energieversorgung ... 37
3. Potenziale für den Ausbau von erneuerbaren Energien ... 38
3.1 Wind- und Solarenergie ... 38
3.2 Weitere erneuerbare Energieträger ... 39
4. Der künftige Endenergiebedarf Xiuzhous: Drei Szenarien ... 40
4.1 Szenario ohne Effizienzsteigerung ... 40
4.2 Energieeffizienzszenario 2020 ... 41
4.3 Energieeffizienzszenario 2030 ... 42
5. Die künftige Energieversorgung Xiuzhous ... 42
5.1 Vier Szenarien für das Jahr 2030 ... 42
5.2. Die Stromversorgung ... 45
5.3 Die Wärme- und Kälteversorgung ... 45
5.4 Die Energieversorgung im Verkehrssektor ... 46
6. Maßnahmen zur Umsetzung des Energiekonzeptes für Xiuzhou ... 46
6.1 Übersicht aller Maßnahmen ... 47
6.2 Die 7 wichtigsten Maßnahmen ... 48
7. Jiaxing-Xiuzhou: Energietransformation trotz begrenzter Potenziale ... 50

Das Monitoring: Maßnahmen und ihre Wirkung kontinuierlich überprüfen ... 52
1. Das Vorgehen beim Monitoring ... 52
2. Die Erstellung einer Energie- und Klimabilanz ... 52

EINFÜHRUNG

Städte verursachen 70 % der weltweiten energiebezogenen Treibhausgasemissionen und stehen daher im Mittelpunkt der globalen Energiewende. Insbesondere der rasant wachsende Anteil der urbanen Bevölkerung stellt China damit vor immense Herausforderungen. Während heute noch 54 % der chinesischen Bevölkerung in Städten leben, wird der Urbanisierungsgrad bis 2030 auf 70 % ansteigen. Die städtische Energiewende voranzutreiben ist für China deshalb ein wichtiges Anliegen. Gelänge es, den urbanen Energiebedarf durch die Hebung von Energieeinsparpotenzialen nachhaltig zu senken und gleichzeitig auf der Versorgungsseite lokale Erneuerbare-Energie-Potenziale mehrheitlich auszunutzen, wäre ein wichtiger Schritt für die Umsetzung des Pariser Klimaabkommens getan und auch die lokale Wertschöpfungskette gestärkt. Darüber hinaus ließe sich mittels ganzheitlicher Ansätze bei der Gestaltung kommunaler Energiewenden auch die Luftreinheit, heute mehrheitlich beeinträchtigt durch (Energie-)Industrie, Wärmeversorgung und Verkehr, mittel- bis langfristig verbessern.

Die Staatliche Kommission für Entwicklung und Reform (NDRC) sowie die Nationale Energieadministration der Volksrepublik China (NEA) treiben deshalb die Klimaschutz- und Energiewende in Städten mit einer Reihe von Aktionsprogrammen auf nationaler Ebene voran. Darunter fällt auch das NEA-Programm „New Energy City“ (NEC), in dessen Rahmen sich 81 Städte und acht Industrieparks 2012 verpflichteten, den Anteil erneuerbarer Energien am lokalen Energieverbrauch zu erhöhen.

Vor diesem Hintergrund unterstützt die Deutsch-Chinesische Klimapartnerschaft als Teil der Internationalen Klimaschutzinitiative (IKI) des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (BMU) die chinesische Energiewende und das Klimaschutzbestreben auf nationaler und lokaler Ebene. Konkret beraten die Projektpartner, koordiniert durch die Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH, die Nationale Energieadministration auf nationaler Ebene zur nachhaltigen Entwicklung erneuerbarer Energien und der Förderung der lokalen Energiewende. Auf lokaler Ebene werden Kommunen durch die Erstellung und Dissemination integrierter Energiekonzepte befähigt, die urbane Energiewende selbst umzusetzen. Als Fokus der Arbeit wurden dabei in einem dreijährigen Prozess integrierte Energiekonzepte nach deutschem Vorbild für drei der 81 New Energy Cities, den sogenannten „Sino-German New Energy Demonstration Cities“ – Dunhuang, Xintai, und Jiaxing-Xiuzhou – erstellt.

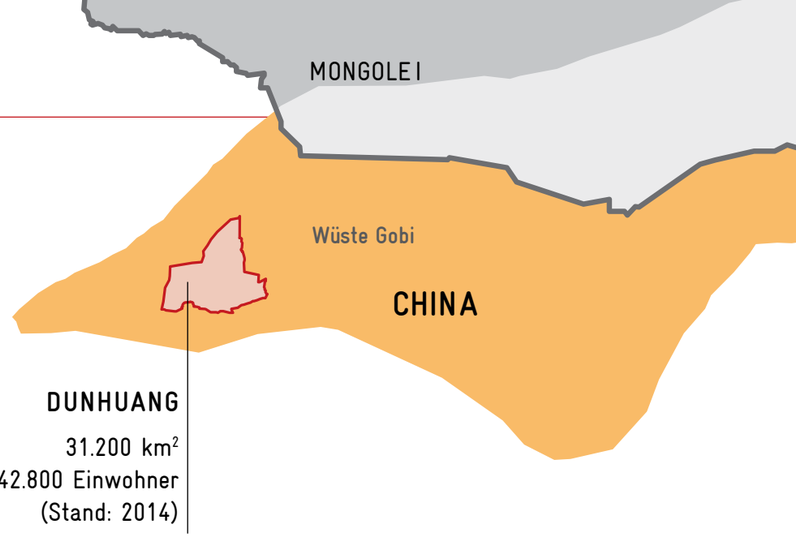
Die Pilotstädte stehen dabei für unterschiedliche lokale Gegebenheiten und Ausgangssituationen und repräsentieren damit eine typische Bandbreite chinesischer Städte. Dunhuang ist eine Oasen- und Wüstenstadt im Nordwesten Chinas mit einem starken Tourismussektor. Xintai liegt in einer vom Strukturwandel betroffenen Industrieregion, deren Wirtschaftskraft zu großen Teilen von Kohlebergbau und -nutzung abhängt. Der Stadtdistrikt Jiaxing-Xiuzhou repräsentiert eine typische aufstrebende Stadt an Chinas Ostküste mit einem hohen Industrialisierungs- und Entwicklungsgrad.

Erarbeitet wurden die Energiekonzepte von einem Konsortium an Fraunhofer-Instituten – den Fraunhofer-Instituten für Bauphysik (IBP), Energiewirtschaft und Energiesystemtechnik (IEE) und Solare Energiesysteme (ISE) – in enger Abstimmung mit chinesischen Partnern und lokalen Städtevertretern.

Wesentlicher Bestandteil eines jeden Energiekonzepts ist es, auf Grundlage einer ganzheitlichen Status-quo-Analyse der kommunalen Energie-, Verkehrs- und Wärmesektoren eine individuelle Planungsgrundlage für die zukünftige Entwicklung von Energieversorgung und -bedarf zu entwickeln, um eine weitreichende Reduzierung der lokal verursachten CO_2-Emissionen zu erzielen. Berücksichtigt werden dabei die Ausgangssituation der betrachteten Stadt, politische Zielsetzungen hinsichtlich der zukünftigen (Wirtschafts-)Entwicklung sowie die vorhandenen Energieeinspar-, Energieeffizienz- und Erneuerbare-Energie-Potenziale. Auf Basis dieser Bestandserhebung werden zukünftige Szenarien für Energieversorgung und -nachfrage abgeleitet und praktikable Wege und Maßnahmen zur Erreichung dieser Ziele in den Konzepten aufgezeigt. Die integrierten Energiekonzepte geben den Stadtregierungen damit konkrete Handlungsoptionen zur Förderung der lokalen Energiewende an die Hand. Langfristige Ziele sowie die hieraus abgeleiteten Maßnahmenpläne dienen als Basis für Entscheidungen zur Entwicklung der städtischen Infrastruktur und bieten der Wirtschaft Sicherheit für die damit verbundenen Investitionsentscheidungen.

In den nachfolgenden Kapiteln werden zunächst die Inhalte der jeweiligen integrierten Energiekonzepte wiedergegeben. Grafische Übersichten der jeweiligen Maßnahmenkataloge finden sich als „Maßnahmenpanoramen“ in den Abschnitten „Dunhuang: Auf dem Weg zu einem vollständig CO_2-freien Energiesystem“ (S. 18), „Xintai: Vom industriellen Bergbaugebiet zur emissionsarmen Wirtschaftsregion“ (S. 34) und „Jiaxing-Xiuzhou: Energietransformation trotz begrenzter Potenziale“ (S. 52). Als letztes Kapitel folgt die Darstellung des erarbeiteten Monitoringkonzepts zur Gewährleistung, Fortschrittskontrolle und Messung der Wirksamkeit umgesetzter Maßnahmen. Fortlaufendes Monitoring ist die Grundlage zur kontinuierlichen Weiterentwicklung und Optimierung der erstellten Energiekonzepte und Maßnahmenkataloge und schließt diesen Bericht ab. Für eine knappe Darstellung der Kerninhalte sei auf das Executive Summary verwiesen.

DAS ENERGIEKONZEPT FÜR DUNHUANG



1. DUNHUANG – TOURISTISCHER ANZIEHUNGSPUNKT IN DER WÜSTE GOBI

Dunhuang ist eine Oasenstadt an der Seidenstraße, malerisch inmitten der Wüste Gobi gelegen. Als kreisfreie Stadt gehört sie zur Verwaltungszone der bezirksfreien Stadt Jiuquan in der westchinesischen Provinz Gansu. Früher war Dunhuang ein wichtiger Knotenpunkt auf den Handelswegen der Seidenstraße.

Wegen der Schönheit seiner Sehenswürdigkeiten ist Dunhuang ein touristischer Anziehungspunkt. Berühmt sind zum Beispiel die nahe gelegenen Mogao-Grotten, die „Widerhallenden Sanddünen“ und der Mondsichelsee.

Das Stadtgebiet liegt durchschnittlich auf einer Höhe von 1.139 m über dem Meeresspiegel. Die Fläche der Oase beträgt 1.400 km², was lediglich 4,5 % der Gesamtfläche entspricht. Insgesamt sind etwas mehr als ein Drittel (11.621 km²) des Gebietes von Dunhuang Naturschutz- oder Bauverbotsgebiete.

Das Bruttoinlandsprodukt von Dunhuang betrug 2015 11,3 Mrd. RMB (etwa 1,5 Mrd. EUR). Den größten Anteil an der Wirtschaft Dunhuangs beanspruchte mit 54,6 % der Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistung für sich. Der Anteil der Industrie lag bei 32,7 %, die Landwirtschaft folgte mit 12,4 %.

Im Großteil der Stadt Dunhuang herrscht das kontinentale Klima der gemäßigten Zone. Wesentliche Besonderheiten sind Trockenheit, wenig Niederschlag, hohe Verdunstungsmengen, große Temperaturdifferenzen zwischen Tag und Nacht und lange Zeiten mit Sonnenschein. Die vier Jahreszeiten unterscheiden sich deutlich. Im Frühling ist es warm und windig, im Sommer sehr heiß, im Herbst kühl und im Winter kalt.

KLIMADATEN DUNHUANGS

durchschnittliche Regenmenge pro Jahr	39,9 mm
Verdunstungsmenge	2.486 mm
Sonnenscheindauer im Jahr 2015	3.247 h
jährliche Durchschnittstemperatur	9,4 °C
monatliche durchschnittliche Höchsttemperatur (im Juli)	24,9 °C
monatliche durchschnittliche niedrigste Temperatur (im Januar)	-9,3 °C
höchste Temperatur	43,6 °C
niedrigste Temperatur	-28,5 °C
durchschnittliche Dauer der frostfreien Periode	142 Tage

2. DIE ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION DER STADT

Die geografische Lage nahe der Wüste Gobi und die daraus resultierenden klimatischen Bedingungen wirken sich stark auf das Energiesystem der Stadt aus. Neben dem Strom- und dem Verkehrssektor steht hier vor allem der dominierende Anteil des Wärmesektors am Endenergiebedarf im Mittelpunkt.

2.1 IST-SITUATION: DER ENERGIEBEDARF

Der große Anteil des Wärmebedarfs am Endenergiebedarf der Stadt ist eine auffällige Besonderheit Dunhuangs. Der Wärmebedarf teilt sich auf in Heizwärme-, Warmwasser- und Prozesswärmebedarf und macht insgesamt 3,2 TWh pro Jahr aus und damit fast 75 % des Endenergiebedarfs. Große Mengen Prozesswärme werden zur Verarbeitung von Vanadiumpentoxid-Ressourcen und für die Zementproduktion benötigt. Den größten Anteil am Wärmebedarf nimmt dennoch der Bedarf an Heizwärme ein.

Die Heizkraftwerke der Stadt decken circa 13 % des Wärmebedarfs. Darüber hinaus ist davon auszugehen, dass ein Teil der Wärme und Kälte durch dezentrale Erzeuger wie Heizlüfter, Holzfeuer, Klimaanlagen etc. bereitgestellt wird, die in den Statistiken nicht erfasst sind.

Der Stromverbrauch der Stadt verteilt sich zu jeweils etwa einem Drittel auf private Haushalte, auf die Nutzung in öffentlichen und kommerziellen Gebäuden sowie auf den Verbrauch in Industrie und landwirtschaftlicher Produktion. Von 2010 bis 2015 erhöhte sich der Strombedarf der Stadt von 169 GWh um 82 % auf 307 GWh.

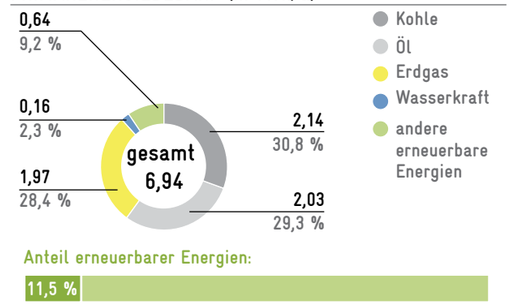
Dunhuang hat eine ausgeprägte elektrische Grundlast[4], die zu allen Uhrzeiten, also auch mitten in der Nacht und

4 Grundlast = Belastung eines Stromnetzes, die im Verlaufe des Tages nicht unterschritten wird

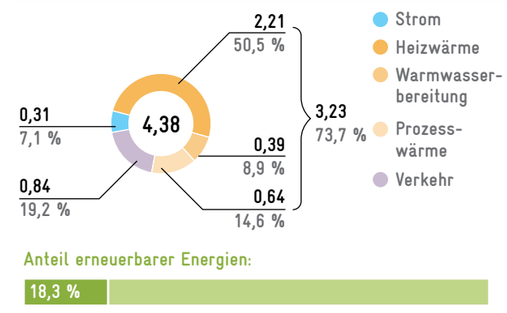
DER ENERGIEBEDARF DUNHUANGS IM JAHR 2015

Primär- und Endenergiebedarf

PRIMÄRENERGIEBEDARF (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF (in TWh/a)



am frühen Morgen auftritt. Davon ist nur ein kleiner Teil auf Straßenbeleuchtung zurückzuführen. Der Ursprung der restlichen Grundlast kann aus den verfügbaren Daten nicht näher bestimmt werden. Vermutlich liegt er bei den Haushalten (Kühlschränke, Klimaanlagen und elektrischen Heizungen etc.) sowie der Industrie.

Beim Energiebedarf im Verkehrssektor liegen die privaten Kraftfahrzeuge mit Abstand vorn. Ihr Anteil am Energieverbrauch des Verkehrssektors betrug 2015 97 %. Auf den Güterverkehr entfielen lediglich 2,4 % und auf den öffentlichen Nahverkehr sogar nur 0,6 %.

2.2 IST-SITUATION: DIE ENERGIEVERSORGUNG

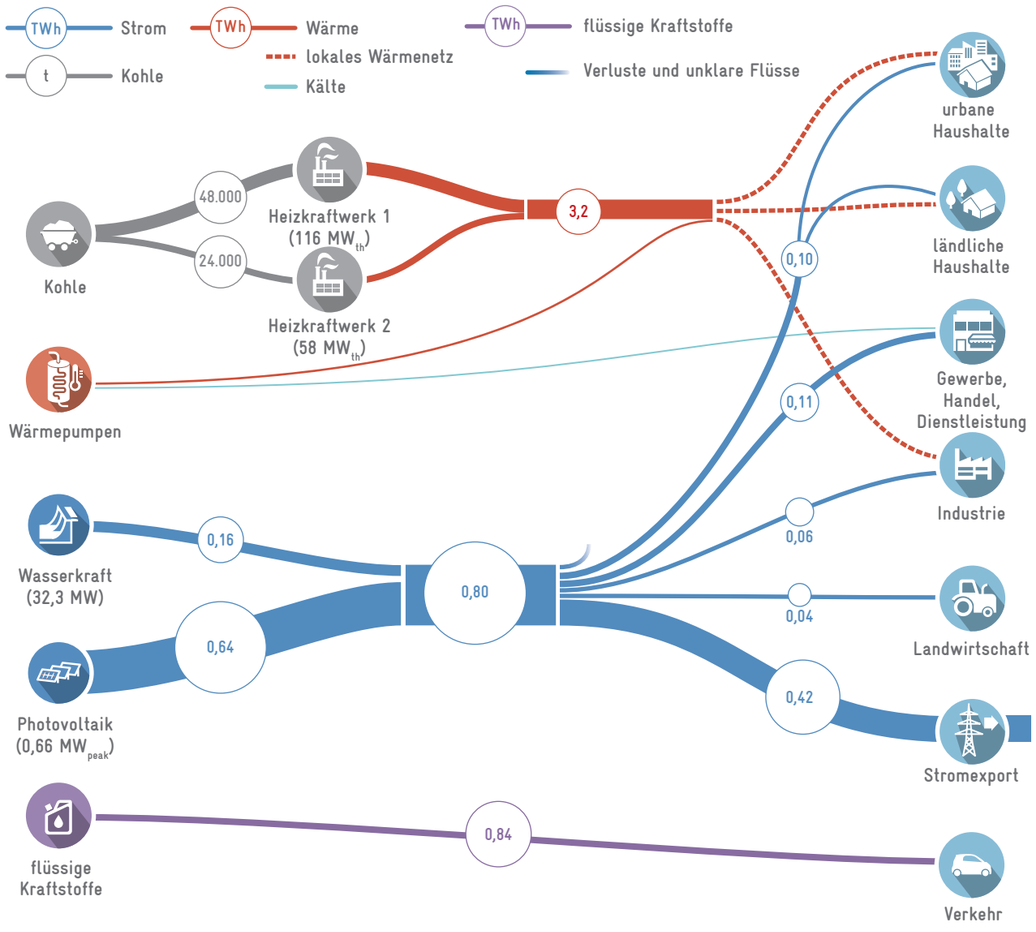
Um den Energiebedarf in den Sektoren Wärme und Verkehr zu decken, importiert Dunhuang Kohle, Erdgas und flüssige Kraftstoffe. Bei der Stromversorgung ist die Stadt jedoch ein Exporteur. Dunhuang produzierte im Jahr 2015 800 GWh Strom, verbrauchte aber nur 307,4 GWh, das entspricht etwa 7 % des gesamten Endenergiebedarfs von 4,377 TWh.

Stromversorgung mit einem Schwerpunkt auf Solarstrom

Die wesentlichen Stromerzeuger in Dunhuang sind Photovoltaik und Wasserkraft. Es gibt aktuell keine konventionellen Kraftwerke, Windenergieanlagen, Biomasseanlagen oder größere Stromspeicher. Zwischen 2010 und 2015 nahm die Stromerzeugung deutlich zu.

Dunhuang besitzt große Photovoltaik-Freiflächenanlagen mit einer Nennleistung von 663 MW_{peak}, die im Jahr 2015 640 GWh Solarstrom erzeugten. Für die kommenden Jahre ist ein weiterer Ausbau von Photovoltaikanlagen geplant.

DIE ENERGIEFLÜSSE IN DUNHUANG IM JAHR 2015



© Stadt Dunhuang

Photovoltaik-Freiflächenanlage in Dunhuang

Die großen Strommengen aus Photovoltaikanlagen bieten Dunhuang die Chance, den städtischen Energiebedarf zu großen Teilen aus eigenen Quellen zu decken. Entscheidend für ein zukunftsorientiertes und nachhaltiges Energiekonzept der Stadt ist daher, ob und wie viel Solarstrom Dunhuang selbst verbrauchen oder exportieren wird.

Auch die solarthermische Stromerzeugung ist für die Energieversorgung Dunhuangs von Bedeutung. Bisher wurden bereits 220 MW installierte Leistung offiziell genehmigt, wovon 20 MW im Aufbau sind und wahrscheinlich bald in Betrieb gehen werden. Laut dem 13. Fünfjahresplan Dunhuangs wird die Ausbaukapazität von solarthermischen Kraftwerken bis 2020 1 GW erreichen.

Darüber hinaus gibt es mehrere Wasserkraftanlagen in Dunhuang, die am Fluss Dang liegen. Sieben Anlagen sind bereits in Betrieb (insgesamt 32,2 MW Leistung). Sie erzielten im Jahr 2015 einen Jahresenergieertrag von 160 GWh. Zwei weitere Anlagen mit insgesamt 8,6 MW Leistung sind in Planung. Vorgesehen ist, bis 2020 die installierte Leistung auf 100 MW zu erhöhen.

Wärme- und Kälteversorgung sowohl dezentral als auch zentral

Die zentrale Fernwärmeversorgung erfolgt in Dunhuang über Wärmenetze. Die beiden Heizwerke Dunhuangs mit einer Nennleistung von 116 MW beziehungsweise 58 MW wurden 2010 beziehungsweise 2015 in Betrieb genommen. Die Heizwerke versorgten im Jahr 2015 2,74 km² Gebäudefläche mit Wärme. Davon sind 2,19 km² Fläche in Haushalten und 0,56 km² öffentliche und kommerzielle Gebäudefläche. Die Wärmeversorgungsfläche ist zwischen 2010 und 2015 von 0,4 auf 2,74 km² angestiegen. Als Wärmeverteiler dienen hauptsächlich Heizkörper, in Neubauten sind selten auch Fußbodenheizungen installiert. Die Heizwerke regeln die Temperatur der Wärmenetze zentral. Je nach Außentemperatur werden die Zulauftemperatur und der Druck des Netzes angepasst. Im Regelfall gibt es keine individuelle Regelung an Radiatoren oder Fußbodenheizungen.

Für die dezentrale Wärmeversorgung werden kleine Wandgaskessel eingesetzt, die in einzelnen Haushalten installiert sind und je nach Bedarf flexibel an- und ausgeschaltet werden.

Die Kälteversorgung erfolgt hauptsächlich mit dezentralen Klimaanlagen in jedem Haushalt. Nur wenige Wohngebäude und Hotels verfügen über eine zentrale Klimaanlage. Das Wasserversorgungsunternehmen Dunhuangs verwendet zur Kühlung von 28.000 m² Gebäudefläche eine Wärmepumpe.

Geothermie hat bisher noch keine große Bedeutung für die Wärme- und Kälteversorgung Dunhuangs. Die Nutzung von Wasserquellen- und Erdreich-Wärmepumpen ist noch nicht verbreitet. Dennoch gibt es einige kleinere Demonstrationsprojekte. 2013 ging zum Beispiel eine Grundwasser-Wärmepumpe des Wasserversorgungsunternehmens in Betrieb, eine weitere sollte ihren Betrieb 2017 aufnehmen. Bei beiden wird oberflächennahes Grundwasser mit einer Temperatur von 11 bis 13 °C verwendet, um Wärme mit einer Temperatur von 50 °C und Kälte mit einer Temperatur von 7 °C zu liefern. Die Wärme wird ins Wärmenetz eingespeist. Zudem wurden in den Jahren 2012 bis 2014 an verschiedenen Standorten mehrere Erdreich-Wärmepumpen in Betrieb genommen.

Überwiegend fossile Energien im Verkehrssektor

Im Jahr 2015 gab es in Dunhuang 29.282 private Kraftfahrzeuge, 1.785 Fahrzeuge für den öffentlichen Nahverkehr und 898 Gütertransporter. Insgesamt wurden 5,04 Mio. Menschen und 2,46 Mio. t Güter befördert. Der Energiebedarf im Verkehrssektor wird zu großen Teilen mit fossilen Energieträgern gedeckt.

3. POTENZIALE FÜR DEN AUSBAU VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

Dunhuang bietet ideale Bedingungen, um sowohl sich selbst als auch benachbarte Städte mit Wind- und Solarenergie zu versorgen. Denn die Stadt verfügt über sehr große Flächen, die für den Bau von Windenergie- und Solarfreiflächenanlagen geeignet sind. Das unterscheidet Dunhuang von dicht besiedelten Städten wie beispielsweise Jiaxing-Xiuzhou und Xintai, in denen die potenziell nutzbaren Flächen aufgrund sehr dichter Infrastruktur eher begrenzt sind. Darüber hinaus hat Dunhuang nicht nur viel Platz für Windenergie- und Solaranlagen, sondern auch gute bis sehr gute Wetterbedingungen für hohe Erträge.

3.1 WIND- UND SOLARENERGIE

Die potenziell nutzbare Fläche für Freiflächenanlagen (Windenergie, Photovoltaik und CSP) ist sehr groß und beträgt 14.416 km².

Das Flächenpotenzial für Dachflächenanlagen (Photovoltaik, Solarthermie) ergibt sich aus der Siedlungsfläche Dunhuangs. Diese beträgt 68,13 km², wovon schätzungsweise 5 %, also 3,4 km², für die Installation von Dachflächenanlagen geeignet sind.

Wie viel Leistung an Erneuerbare-Energien-Anlagen auf den Flächen installiert werden kann, ergibt sich aus der Größe der nutzbaren Flächen und einem technologiespezifischen Flächenbedarf. Die potenziellen Energieerträge werden mithilfe von Wetterdaten und Simulationsmodellen für die Umwandlung der Wetterdaten in elektrische beziehungsweise thermische Leistung ermittelt.

3.2 WEITERE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Neben der Wind- und Solarenergie stehen Dunhuang weitere Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energieträger zur Verfügung.

Biomasse

Biomasse zum Beispiel kann sowohl zur Stromerzeugung als auch zur Bereitstellung von Wärme mit hohen Temperaturen und zur Treibstoffproduktion genutzt werden. Sie weist allerdings eine eher geringe Flächeneffizienz auf und die Produktion von Energiepflanzen steht zudem häufig in direkter Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion. Da keine detaillierten Informationen zu den landwirtschaftlichen Produktionsstrukturen Dunhuangs vorliegen, konzentriert sich die Biomassepotenzialerhebung auf die Erfassung der Energiepotenziale aus Rest- und Abfallstoffen, zu denen Abschätzungen vorliegen.

In der Landwirtschaft Dunhuangs gibt es pro Jahr 150.000 t Reststoffe an Pflanzen. Dabei handelt es sich vor allem um Stroh aus landwirtschaftlichen Pflanzen (Baumwolle, Trauben, Rebschnitt, Mais, Sonnenblumen). Da es auch bei der energetischen Nutzung von pflanzlichen Reststoffen zu Konkurrenzen mit landwirtschaftlichen Nutzungen (Einstreu, Bodenverbesserung) kommt, wird von einer Bergequote von 50 % ausgegangen. Daneben sind Reststoffe aus der Tierhaltung (Gülle) verfügbar. Die erzielbare Bergequote liegt bei Stallhaltung deutlich höher als bei (saisonaler) Weidehaltung.

Küchen- und Siedlungsabfälle fallen in Dunhuang pro Jahr in einer Größenordnung von circa 70.000 t Hausmüll an, von denen etwa 50.000 t zur Biogaserzeugung geeignet sind. Es wird davon ausgegangen, dass es sich hierbei vor allem um Küchenabfälle handelt. Diese lassen sich sowohl in kleinen dezentralen Anlagen als auch in größeren (semi)zentralen Anlagen zu Biogas vergären. Je nach angewandter Technologie ist ein Gesamtenergieertrag zwischen rund 300 und 660 kWh/t Küchenabfall möglich. Der restliche Anteil am Hausmüllaufkommen in Höhe von 20.000 t pro Jahr kann als energetisch nutzbar/brennbar betrachtet werden und hat einen durchschnittlichen Heizwert von 1 bis 3 kWh/kg.

Da der Müll derzeit vorwiegend deponiert wird, kann eine anderweitige Müllnutzung auch ökologisch und nicht nur energetisch sinnvoll sein.

POTENZIALE[5] FÜR DIE WIND- UND SOLARENERGIENUTZUNG IN DUNHUANG

	Installierbare Leistung in GW	Potenzieller Energieertrag in GWh/a	Anmerkung
Windenergieanlagen	144	300.000	–
Photovoltaik-Freiflächenanlagen	480,5	837.000	–
CSP-Freiflächenanlagen (elektrisch)	–	1.005.000	Bei CSP-Anlagen kann keine Leistung angegeben werden. Durch den thermischen Speicher ist die elektrische Leistung von der Absorberleistung entkoppelt. Daher kommt es hier immer auf die konkrete technische Auslegung des Gesamtkraftwerks an.
CSP-Freiflächenanlagen (thermisch)	–	3.392.000	
Photovoltaik-Dachflächenanlagen	0,48	836	Mit dem Energieertrag ließe sich etwa das 2,7-Fache des Jahresstromverbrauchs Dunhuangs im Jahr 2015 decken.
Solarthermie-Dachflächenanlagen	2,9	4.735	Diese potenzielle Wärmemenge beträgt mehr als das Doppelte des Heizwärmebedarfs Dunhuangs im Jahr 2015.

5 Die aufgeführten Werte sind Maximalwerte. Zwischen einigen Potenzialnutzungen bestehen zudem Nutzungskonkurrenzen. Zum Beispiel kann auf einer Fläche nur entweder eine Photovoltaikanlage oder eine CSP-Anlage errichtet werden, aber nicht beides.

POTENZIALE[6] FÜR DIE NUTZUNG WEITERER ERNEUERBARER ENERGIEN IN DUNHUANG

	Installierbare Leistung in GW	Potenzieller Energieertrag in GWh/a	Anmerkung
Bioreststoffe aus der Landwirtschaft	–	0,262	Inwieweit sich die Bergung der Bioenergieträger aus Reststoffen in Dunhuang wirtschaftlich positiv darstellt, ist zu prüfen. Ein Kostentreiber sind die Transportkosten.
Bioabfallstoffe aus der Tierproduktion	–	210	
Küchenabfälle	–	25	Es ist zu prüfen, ob die Verwendung von Abfällen zur Bioenegieerzeugung in Dunhuang wirtschaftlich sinnvoll ist. Wichtig ist dabei auch, wie die Abfälle zusammengesetzt sind und ob sie sich für die Biogaserzeugung eignen.
restlicher Hausmüll	–	60	
Wasserkraft	0,1	497	Ein erweitertes Energiepotenzial aus Wasserkraft durch zusätzlichen Ausbau wird für das Energiekonzept nicht ermittelt. Eine detailliertere Analyse der Ressourcen ist aufgrund mangelnder Daten (Durchflussmengen, Jahreszyklen etc.) nicht möglich.

3.3 GEOTHERMIE UND WÄRMEPUMPEN

Im Jahr 2000 wurde in der Gemeinde Wudun der Stadt Dunhuang eine heiße Quelle im Andun-Becken entdeckt, die Yitanghu-Quelle. Mit einer relativ hohen Temperatur von 52°C bei einer Tiefe von 1.600 m hat die Quelle einen guten Nutzwert. Sie ist 20 km vom Stadtgebiet Dunhuang entfernt. Daher ist es sinnvoll, die Wirtschaftlichkeit dieser Quelle zur Energieversorgung nahe gelegener Gebäude zu prüfen. Andere Sondenbohrungen sind zum Beispiel bereits im Dunhuang-Besucherzentrum erschlossen worden.

Aufgrund der großen Potenziale für die Stromerzeugung aus Wind- und Solarenergie ist es für Dunhuang zudem interessant, für die Heizwärmeversorgung und Warmwasserbereitung in Gebäuden auch Strom zu nutzen. Anders als Stromdirektheizungen beziehen Wärmepumpen einen großen Teil der Energie aus Umweltwärme (Wasser, Luft, Erdwärme) und stellen damit eine zunehmend umweltfreundliche Option zur Wärmeversorgung dar.

Wasserkraft und Pumpspeicher

Neben den sieben bereits bestehenden Wasserkraftwerken ist bis 2020 der Bau von insgesamt sechs neuen Kraftwerken am Dang-Fluss geplant, sodass die gesamte installierte Wasserkraftleistung in Dunhuang dann 100 MW beträgt.

Pumpspeicher sind wegen ihres großen Speichervolumens und ihrer relativ geringen Kosten in vielen Fällen ideale Bestandteile der Energieversorgung. Allerdings sind die geografischen Anforderungen hoch, weshalb es vielerorts nur geringe Potenziale für die Installation von Pumpspeichern gibt. Die Anforderungen beziehen sich unter anderem auf eine ausreichende Höhendifferenz zwischen Generatoren und Speicherbecken und auf die Beschaffenheit des Untergrunds.

Da die flussbegrenzenden Hänge der Berge bei Subei, kurz vor Austritt des Dang in die Ebene von Dunhuang, sehr steil und hoch sind, stellen sie ein potenziell interessantes Gebiet für Pumpspeicher dar. Es wäre zu prüfen, ob Pumpspeicher hier für ein Energiekonzept in Erwägung gezogen werden sollen und ob ein Einsatz ökologisch und ökonomisch machbar und sinnvoll ist.

6 Die aufgeführten Werte sind Maximalwerte.

4. DER KÜNFTIGE ENDENERGIEBEDARF DUNHUANGS: DREI SZENARIEN

Die Grundlage des künftigen Energiesystems für Dunhuang bilden die in den vorangegangenen Kapiteln dargestellten Erkenntnisse über die energetische Ausgangssituation der Stadt und über die Potenziale für den Ausbau der erneuerbaren Energien.

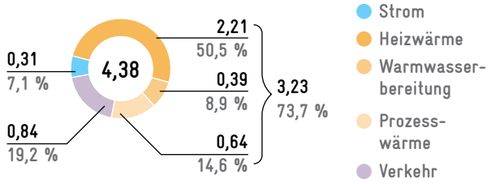
Ziel des Energiekonzeptes für die Stadt Dunhuang ist eine Energieversorgung, die zu 100 % auf erneuerbaren Energien aufbaut und vollständig CO_2-frei ist. Die Zieljahre des Konzeptes sind die Jahre 2020 und 2025 und es werden alle Sektoren (Strom, Verkehr, Wärme) berücksichtigt. Aufgrund der technischen und wirtschaftlichen Herausforderungen ist das Ziel „100 % erneuerbar" bis zum Jahr 2025 in jedem Fall als sehr ambitioniert einzustufen.

Für die Abschätzung des zukünftigen Energiebedarfs werden drei unterschiedliche Szenarien berücksichtigt.

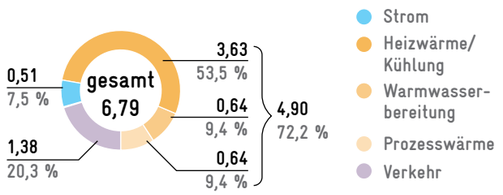
4.1 AM WAHRSCHEINLICHSTEN: DAS BASIS-ENERGIEBEDARFSSZENARIO

Das Basis-Energiebedarfsszenario spiegelt hinsichtlich der angenommenen wirtschaftlichen Entwicklung die Ziele der bestehenden Planungen Dunhuangs für das Jahr 2020 wider. Es sieht vor allem einen Zuwachs im Tourismussektor

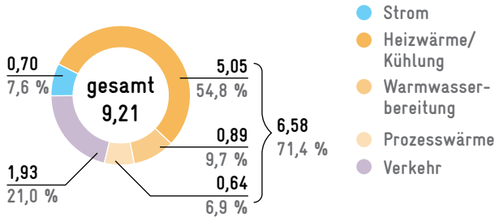
ENDENERGIEBEDARF 2015 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF BASISSZENARIO 2020 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF BASISSZENARIO 2025 (in TWh/a)



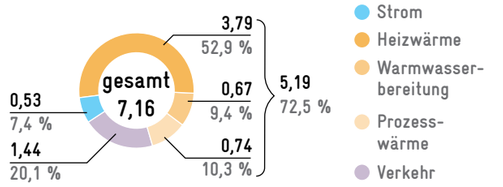
und im Industriesektor aufgrund von hohen Investitionen vor.

Die im Szenario skizzierte Entwicklung bedeutet einen jährlichen Anstieg des Endenergieverbrauchs von circa 7,1 % ab dem Jahr 2015. Der Anstieg wird wegen des angenommenen Wachstums im Dienstleistungssektor auch Verbrauchssektoren zugeordnet, die nicht ausschließlich industriell sind: Stromverbrauch, Energieverbrauch für den Verkehr sowie Warmwasser- und Heizwärmeverbrauch. Auch das angenommene Wachstum in der Industrie trägt zum Anstieg in diesen Verbrauchssektoren bei. Die Prozesswärme wird als rein industrieller Verbrauch gewertet; ihr Bedarf bleibt konstant auf dem Niveau des Jahres 2015.

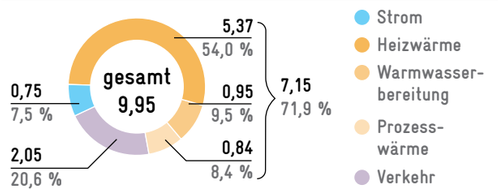
4.2 BESONDERS WÜNSCHENSWERT: DAS EFFIZIENZ-ENERGIEBEDARFSSZENARIO

Die Reduzierung des relativen Energieverbrauchs und die Erhöhung der Wirkungsgrade sind der Königsweg zu einer modernen und sauberen Energieversorgung. Das Effizienz-Energiebedarfsszenario legt daher einen Fokus auf mögliche Energieeinsparmaßnahmen und antizipiert eine besonders wünschenswerte Entwicklung Dunhuangs hinsichtlich seiner wirtschaftlichen Entwicklung und seines Energieverbrauchs. Das Szenario geht von einer deutlichen Steigerung des Dienstleistungssektors aus sowie von einer

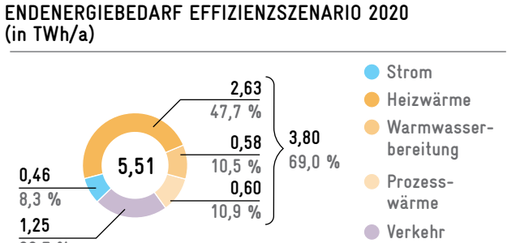
ENDENERGIEBEDARF RISIKOSZENARIO 2020 (in TWh/a)



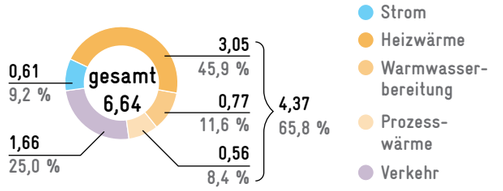
ENDENERGIEBEDARF RISIKOSZENARIO 2025 (in TWh/a)



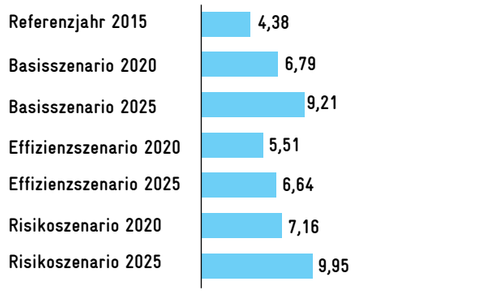
ENDENERGIEBEDARF EFFIZIENZSZENARIO 2020 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF EFFIZIENZSZENARIO 2025 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF (in TWh/a)



Optimierung der Industriestruktur und von einer gesteigerten Produktivität.

Die Effizienzmaßnahmen des Szenarios bewirken, dass der Anteil der Heizwärme am gesamten Endenergiebedarf geringer ausfällt als in den beiden anderen Energiebedarfsszenarien. Die als rein industrieller Verbrauch gewertete Prozesswärme reduziert sich im Effizienz-Energiebedarfsszenario jährlich um 1,26 %, was sich aus der Abnahme der energieintensiven Industrie und dem im Vergleich zum Basisszenario schwächeren Industriesektor ableitet.

4.3 SUBOPTIMAL: DAS RISIKO-ENERGIEBEDARFSSZENARIO

Das Risiko-Energiebedarfsszenario bildet eine suboptimale Entwicklung hinsichtlich der Wirtschaft und des Energieverbrauchs von Dunhuang ab. Das Risikoszenario sieht eine Abnahme der Investitionen, eine Zunahme der energieintensiven Industrie und eine Abnahme des Dienstleistungssektors vor.

Das Risikoszenario geht davon aus, dass die als rein industrieller Verbrauch gewertete Prozesswärme jährlich um 3,15 % zunimmt. Dies leitet sich aus dem im Vergleich zum Basisszenario stärkeren Industriesektor und vor allem aus der energieintensiveren Industrie ab. Nichtsdestotrotz nimmt der Anteil der Prozesswärme am Gesamtendenergiebedarf wegen der noch stärker wachsenden übrigen Verbrauchsektoren ab.

5. DIE KÜNFTIGE ENERGIEVERSORGUNG DUNHUANGS

Für das Energiekonzept von Dunhuang wurden fünf Szenarien zur Energieversorgung für das Jahr 2025 entwickelt: ein Business-as-usual-Szenario (BAU) sowie vier 100-%-erneuerbare-Energie-Szenarien.

5.1 FÜNF ENERGIEVERSORGUNGSSZENARIEN

Die fünf Versorgungsszenarien für Dunhuang stützen sich auf die drei erläuterten Energiebedarfsszenarien.

BAU 2020/BAU 2025

Im BAU-Szenario sind die aktuellen Pläne für den Zubau an erneuerbaren Energien in Dunhuang berücksichtigt. Das Szenario bezieht sich nicht nur auf das Jahr 2025, sondern zusätzlich auch auf das Jahr 2020.

Im BAU-2020-Energieversorgungsszenario befindet sich die gesamte installierte Photovoltaikleistung im Dunhuang-Solarpark. Zudem wird im Szenario ein solarthermisches Kraftwerk (ein Solarturmkraftwerk) angesetzt, das sich ebenfalls im Dunhuang-Solarpark befindet und 1 GW elektrische Nennleistung erreicht. Die gesamte installierte Windenergieleistung ist im Windpark Beihu errichtet, geplant sind insgesamt 2,1 GW bei Fertigstellung. Die gesamte installierte Wasserkraftleistung befindet sich am Dang-Fluss.

Das BAU-2025-Szenario stellt eine Fortführung von BAU 2020 dar. Die Zunahme an Windenergie und Photovoltaik, die vom Jahr 2015 bis zum Erreichen der Werte des BAU-2020-Szenarios notwendig ist, wird für den Zeitraum 2020 bis 2025 fortgeschrieben. Hinsichtlich des solarthermischen Kraftwerks und der Wasserkraft unterscheiden sich BAU 2025 und BAU 2020 nicht, das heißt, es wird kein weiterer Zubau in den Jahren 2020 bis 2025 angenommen.

„Sauberes Dunhuang"

Im Energieversorgungsszenario „sauberes Dunhuang" ist Dunhuang eine Stadt, in der im Jahr 2025 keine fossilen Energieträger mehr genutzt werden. Das Szenario stellt eine Weiterentwicklung des BAU-2020-Szenarios dar. Es ermöglicht eine zu 100 % erneuerbare Energieversorgung Dunhuangs zu allen Stunden des Jahres 2025 und benötigt keine Energieimporte. Es erreicht dieses Ziel durch die Installation von hohen Kapazitäten an Photovoltaik und Windenergie, durch den Einsatz von Kurzzeitspeichern und die Nutzung von Bioenergie und Sonnenkollektoren als neue

VERSORGUNGSSZENARIEN FÜR DUNHUANG

	Jahr	Name des Versorgungsszenarios	Zugrunde gelegtes Bedarfsszenario	Anteil erneuerbarer Energien am Energiebedarf[7]
1	2020	BAU 2020	Basis	63,0 %
			Effizienz	69,3 %
			Risiko	62,8 %
	2025	BAU 2025	Basis	67,1 %
			Effizienz	75,5 %
			Risiko	66,0 %
2	2025	„sauberes Dunhuang"	Basis	100 %
3	2025	Erschwernis-Szenario	Risiko	100 %
4	2025	„energieeffizientes Dunhuang"	Effizienz	100 %
5	2025	Wärmepumpen-Szenario	Effizienz	100 %

7 Sowohl das BAU-Szenario als auch die 100-%-Szenarien kommen ohne konventionelle Kraftwerke in Dunhuang aus. Allerdings muss im BAU-Szenario 2025 zeitweilig Strom aus anderen Regionen importiert werden, der anteilig aus konventionellen Kraftwerken stammt.

INSTALLIERTE LEISTUNG (GW) UND JAHRESENERGIEERTRÄGE (TWh/a) DER ENERGIEVERSORGUNGSSZENARIEN IM VERGLEICH ZU 2015

	2015		BAU 2020		BAU 2025		„Sauberes Dunhuang"		„Energieeffizientes Dunhuang"		Erschwernis-Szenario		Wärmepumpen-Szenario	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Kohleheizkraftwerk	0,17	3,2	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Windenergie	–	–	2,00	4,14	4,00	8,28	17,50	36,23	11,50	23,81	19,00	39,33	5,50	11,39
Photovoltaik	0,66	0,64	2,10	3,62	3,54	6,10	14,50	25,00	8,50	14,66	15,50	26,73	2,50	4,31
Wasserkraft	0,03	0,16	0,10	0,50	0,10	0,50	0,10	0,50	0,10	0,50	0,10	0,50	0,10	0,50
Biomasse (Wärme)	–	–	–	–	–	–	0,07	0,29	0,07	0,29	0,07	0,29	0,07	0,29
solarthermisches Kraftwerk	–	–	1,00	1,99	1,00	1,99	1,00	1,99	1,00	1,99	1,00	1,99	1,00	1,99
Sonnenkollektoren	–	–	–	–	–	–	1,45	2,25	1,45	2,25	1,45	2,25	1,45	2,25
Power-to-Heat-Geräte	–	–	–	–	–	–	6,58	5,18	3,21	3,06	7,20	5,69	0,00	0,00
Geothermie oder Wärmepumpen	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	0,73	0,73
Stromspeicher	–	–	–	–	–	–	0,09	0,008	0,07	0,007	0,10	0,009	0,07	0,06
Wärmespeicher	–	–	–	–	–	–	4,50	0,70	1,90	0,28	5,00	0,79	0,40	0,03

Energiequellen. Die hohen Kapazitäten an Photovoltaik und Windenergie bedeuten aber auch, dass Dunhuang zu vielen Zeitpunkten hohe Stromüberschüsse produziert, die gegebenenfalls exportiert werden können.

Die installierten Windkraftleistungen befinden sich im Szenario in den geplanten Windparks, wobei die Windparkflächen zum Teil dichter bebaut werden müssen, als es für den Beihu-Windpark geplant ist. Die installierten Photovoltaikleistungen befinden sich im erweiterten Dunhuang-Solarpark.

„Energieeffizientes Dunhuang"

Auch das Szenario „energieeffizientes Dunhuang" ist ein 100-%-Szenario. Es erreicht dieses Ziel jedoch nicht nur durch den Zubau von erneuerbaren Energien, sondern auch durch die Reduzierung des Energiebedarfs. Es nimmt ein energieeffizientes Wirtschaftswachstum und die Umsetzung von Energieeinsparmaßnahmen in Dunhuang an. Im Vergleich zum Szenario „sauberes Dunhuang" sind deutlich geringere installierte Leistungen und Energieerträge der erneuerbaren Energien und Kurzzeitspeicher notwendig. Die Standorte der Energieerzeuger unterscheiden sich prinzipiell nicht vom Szenario „sauberes Dunhuang", allerdings werden im Fall der Windenergie und Photovoltaik kleinere Flächen benötigt.

Erschwernis-Szenario

Das Erschwernis-Szenario nimmt an, dass Dunhuang im Jahr 2025 einen besonders hohen Energiebedarf aufweist. Nichtsdestotrotz erreicht auch das Erschwernis-Szenario das Ziel einer zu 100 % erneuerbaren Energieversorgung Dunhuangs zu allen Stunden des Jahres 2025, auch wenn der hohe Energiebedarf die Erreichung dieses Ziels erschwert. Folglich sind im Vergleich zum Szenario „sauberes Dunhuang" höhere installierte Leistungen und höhere Energieerträge der erneuerbaren Energien und Kurzzeitspeicher notwendig. Die Standorte der Energieerzeuger unterscheiden sich im Erschwernis-Szenario prinzipiell nicht vom Szenario „sauberes Dunhuang", allerdings werden im Fall der Windenergie und der Photovoltaik größere Flächen benötigt.

Wärmepumpen-Szenario

Das Wärmepumpen-Szenario stellt einen Sonderfall unter den Szenarien dar. Es ist zwar auch ein 100-%-Szenario, allerdings setzt es im Gegensatz zu den übrigen Szenarien einen Einsatz von Wärmepumpen in großem Maßstab an. Wegen der hohen Effizienz der Wärmepumpen durch die Nutzung von Umweltwärme ist im Wärmepumpen-Szenario daher der Strombedarf deutlich geringer als im Szenario „energieeffizientes Dunhuang".

Das Wärmepumpen-Szenario stellt wegen des zugrunde gelegten geringen Energiebedarfs und der hohen installierten Leistung der äußerst effizienten Wärmepumpen ein „ideales" Szenario dar, in dem Dunhuang mit relativ geringen installierten Kapazitäten eine zu 100 % erneuerbare Energieversorgung zu allen Stunden des Jahres erreicht. Das Wärmepumpen-Szenario ist somit der Gegenpol zum Erschwernis-Szenario.

Szenarien im Vergleich

Die Jahressummen der Energieerträge in den Energieversorgungsszenarien liegen deutlich über den Jahressummen der Endenergiebedarfe, die je nach Bedarfsszenario zwischen 6,64 und 9,95 TWh für das Jahr 2025 liegen. Für das BAU-2020-Szenario werden je nach Energiebedarfsszenario 43 % bis 86 % mehr Energie erzeugt, als Endenergie verbraucht wird. Beim Primärenergieverbrauch sind es jedoch nur circa 9 %. Im BAU-2025-Szenario sind es je nach Energiebedarfsszenario 69,6 % bis 154,1 % mehr Energie.

Für die 100-%-Szenarien ist die Differenz zwischen Erzeugung und Verbrauch viel größer. Die Erzeugung ist im Szenario „sauberes Dunhuang" circa 7,2-mal höher als der Endenergiebedarf. Im Wärmepumpen-Szenario ist die Energieerzeugung 3,1-mal höher als der Endenergiebedarf. Der Primärenergiebedarf ist in den 100-%-Szenarien nur noch unwesentlich höher als der Endenergiebedarf. Alle 100-%-Szenarien weisen demzufolge sehr hohe Stromüberschüsse für den Stromexport auf, da nur ein kleiner Teil in die Energiespeicher fließt und für die Power-to-Heat-Technologie beziehungsweise für Wärmepumpen benutzt wird.

Es ist festzuhalten, dass die notwendigen installierten Leistungen für eine Stadt der Größe Dunhuangs als sehr hoch einzustufen sind. Auch die Finanzierung des neuen Energieversorgungssystems stellt eine Herausforderung dar. Je nach Szenario bewegen sich die jährlichen Gesamtkosten zwischen 5,1 und 28,5 Mrd. RMB. Zum Vergleich: Das Bruttoinlandsprodukt Dunhuangs betrug im Jahr 2015 11,3 Mrd. RMB (etwa 1,5 Mrd. EUR).

5.2 DIE STROMVERSORGUNG

Für keines der Versorgungsszenarien wird angenommen, dass für die Stromerzeugung konventionelle Kraftwerke eingesetzt werden. Allerdings muss im BAU-2025-Szenario zur Deckung des Strombedarfs zeitweilig Strom aus anderen Regionen importiert werden, der anteilig aus konventionellen Kraftwerken stammt.

Stromerzeugung

In Dunhuang ist Windenergie die ideale Ergänzung zur bestehenden Stromerzeugung mittels Sonnenenergie, weil zum einen die Windbedingungen in der Region grundsätzlich gut sind und zum anderen der Wind auch nachts weht, wenn kein Solarstrom erzeugt wird. Windenergie deckt somit auch einen Teil des Energiebedarfs der Nacht. Um eine zu 100 % erneuerbare und emissionsfreie Energieversorgung Dunhuangs zu erreichen, ist es daher sinnvoll, Windenergie verstärkt und vorrangig auszubauen.

Windenergie und Photovoltaik

Im Jahr 2016 gab es im Gebiet von Dunhuang noch keinen Windpark. Es sind allerdings sieben Windparks geplant. Mit dem Flächenbedarfswert von 0,4667 km²/MW können in diesen geplanten Windparks 8,742 GW Leistung installiert werden. Bei einer dichteren Bebauung mit dem in Deutschland und international gängigen Flächenbedarfswert von 0,1 km²/MW könnten dort sogar 40,8 GW installiert werden.

Dunhuang verfügt bereits im Jahr 2016 über einen gewaltigen Photovoltaikpark mit 660 MW installierter Leistung und einer Fläche von circa 24 km². In den Versorgungsszenarien sind Flächen von 75 bis 560 km² vorgesehen, um Leistungen von 3,5 bis 15,5 GW zu installieren. Diese großen Flächen sind in Dunhuang tatsächlich vorhanden und sie verfügen zudem über hervorragende Sonneneinstrahlung. Nichtsdestotrotz ist die Realisierung von Solarparks dieser Größe eine gewaltige und beispiellose Aufgabe.

Solarthermisches Kraftwerk

In allen Energieversorgungsszenarien gibt es ein solarthermisches Kraftwerk (Solarturmkraftwerk). Mit einer installierten Generatorleistung von 1 GW ist das geplante Kraftwerk eines der größten, wenn nicht sogar das größte der Welt. Das Kraftwerk verfügt über einen Wärmespeicher von 4 Stunden und ist damit in der Lage, im Laufe des Tages Energie abzuspeichern und in der Nacht Strom zu erzeugen. Die Stromerzeugung ist auf 1 GW begrenzt. Etwa 9 % der als Wärme eingespeicherten Energie gehen als Speicherverluste verloren.

Es wird in den Energieversorgungsszenarien kein weiterer Zubau an solarthermischen Kraftwerken bis zum Jahr 2025 vorgesehen, da das geplante Kraftwerk bereits als äußert ambitioniert angesehen wird. Außerdem ist zu beachten, dass die Spiegel eines derartigen Kraftwerks bis zu zweimal täglich gereinigt werden müssen. Es ist fraglich, ob in Dunhuang ausreichend Wasserressourcen hierfür zur Verfügung stehen. Dies muss vor dem Bau des Kraftwerks genauer geprüft werden und ein nachhaltiges Reinigungskonzept entwickelt werden.

Ein Anschluss des Kraftwerks ans Wärmenetz ist nicht vorgesehen. Angesichts des hohen Wärmebedarfs Dunhuangs wird allerdings empfohlen, den Anschluss ans Wärmenetz wirtschaftlich und hinsichtlich der Wärmeverluste bei der Übertragung zu prüfen.

Bioenergie

Im BAU-Szenario ist eine Nutzung von Bioenergie nicht vorgesehen. Die 100-%-Szenarien nehmen hingegen eine nahezu vollständige Ausnutzung der Bioenergiepotenziale in Dunhuang an. Das sind pro Jahr circa 210 GWh aus Abfallstoffen der Tierproduktion, circa 0,26 GWh aus pflanzlichen Reststoffen, circa 25 GWh aus Küchenabfällen und circa 60 GWh aus restlichem Hausmüll.

Das erzeugte Biogas kann durch Blockheizkraftwerke in Strom und Wärme umgewandelt werden. Es kann aber auch in Aufbereitungsanlagen auf Erdgasqualität gereinigt und als Biomethan (Bioerdgas) in das Erdgasnetz eingespeist werden. Da die große Herausforderung für Dunhuang die Deckung

GESCHÄTZTE KOSTEN DER ENERGIEVERSORGUNGSSZENARIEN

	BAU 2020	BAU 2025	„Sauberes Dunhuang"	„Energieeffizientes Dunhuang"	Erschwernis-Szenario	Wärmepumpen-Szenario
Gesamtinvestition ab dem Jahr 2016 in Mrd. RMB	40	62	227	149	243	75
jährliche Betriebs- und Instandhaltungskosten in Mrd. RMB	1,2	1,5	3,8	2,7	4,0	1,7
jährliche Gesamtkosten in Mrd. RMB	5,1	7,6	26,6	17,7	28,5	9,2

des Wärmebedarfs ist, wird in den 100-%-Szenarien die Bioenergie in der Heizperiode, also im Winter eingesetzt.

Wasserkraft

Im Jahr 2015 haben 32,2 MW Wasserkraft 160 GWh elektrischer Energie erzeugt, woraus sich ein Kapazitätsfaktor von 0,57 ergibt. Für das Jahr 2020 sind 100 MW installierte Wasserkraftleistung geplant, sodass mit dem genannten Kapazitätsfaktor dann ein Jahresenergieertrag von 497 GWh möglich ist. Diese Werte werden für alle Versorgungsszenarien angenommen. Da keine Daten zu den Durchflussmengen des Flusses Dang vorliegen, wird an dieser Stelle eine konstante Stromeinspeisung aus Wasserkraft von circa 57 MW angenommen.

Stromspeicher

Wegen der Wetterabhängigkeit von Wind- und Solarenergie sind Stromspeicher wesentliche Komponenten von erneuerbaren Energiesystemen. Kurzfristspeicher dienen dem Energieausgleich innerhalb eines oder weniger Tage, Langzeitspeicher dem Energieausgleich innerhalb von Monaten oder ganzen Jahreszeiten, weshalb sie auch als Saisonalspeicher bezeichnet werden.

Mithilfe von Power-to-Gas-Technologien als Langzeitspeicher könnten in Dunhuang die sommerlichen Stromüberschüsse gespeichert und im Winter zum Heizen verwendet werden. Dazu würde der Stromüberschuss zur Produktion von Methan genutzt werden, das ins Erdgasnetz eingespeist und verschiedentlich genutzt werden könnte: zum Heizen, für den Antrieb von Gasautos und zur Stromerzeugung. Da sich die Power-to-Gas-Technologie im Jahr 2016 allerdings noch in der Pilotphase befindet und technisch sowie hinsichtlich der Kosten noch nicht marktfertig ist, wird für die Energieversorgungsszenarien keine Nutzung der Power-to-Gas-Technologien oder sonstiger Langzeitspeicher angenommen.

Kurzzeitspeicher in Form von Batterien sind in den 100-%-Szenarien vorgesehen. Diese sind für zwei Anwendungen notwendig: zur Deckung des Strombedarfs in Zeiten, in denen nicht ausreichend Strom in Dunhuang erzeugt wird, und für den Einsatz in Elektrofahrzeugen. Doch es kommt in den 100-%-Szenarien nur sehr selten vor, dass Stromproduktion und Strombedarf nicht bilanziert sind. Wenn dies doch der Fall ist, dann sind benötigte Leistung und Energie relativ gering. Da die 100-%-Szenarien des Jahres 2025 davon ausgehen, dass der Verkehr größtenteils elektrisch betrieben wird, sind ausreichend Batterien vorhanden, um die maximal benötigte Leistung zur Deckung des Strombedarfs in Zeiten geringerer Stromeinspeisung zu erbringen. Nichtsdestotrotz stellt die Teilnahme von Autobatterien an der Stromversorgung eine regulatorische Herausforderung dar. Neben Vergütungsmodellen, die diese Teilnahme für den Autobesitzer lukrativ machen, müssen diese vielen dezentralen, ortsveränderlichen Speicher zwangsweise oder freiwillig in das Lastmanagement der Energieversorger integriert und gesteuert werden.

Stromexporte und Stromnetze

Dunhuang hat sich in den Jahren von 2010 bis 2015 vom Stromimporteur zum Stromexporteur entwickelt. Dieser Trend wird sich durch den weiteren Ausbau der erneuerbaren Energien noch deutlich verstärken. Diese Stromüberschüsse und Exporte stellen eine Herausforderung für die Kapazität der Stromleitungen zu benachbarten Regionen dar.

Stromleitungen müssen allerdings nicht unbedingt darauf dimensioniert sein, die maximal auftretende Leistung transportieren zu können. Aus wirtschaftlichen Gründen ist es oft sinnvoll, Stromleitungen mit geringerer Kapazität zu bauen und eine gewisse elektrische Energiemenge in Kauf zu nehmen, die nicht exportiert werden kann, sondern abgeregelt werden muss.

5.3 DIE WÄRMEVERSORGUNG

Der Großteil der Wärmeversorgung Dunhuangs erfolgt in den Energieversorgungsszenarien elektrisch. Es gibt eine Vielzahl von Geräten zum elektrischen Heizen wie Wärmepumpen, Elektroheizungen, Heizlüfter und größere Anlagen mit Elektrodenkesseln oder Widerstandskesseln.

Die beiden Heizkraftwerke, die es 2015 in Dunhuang gab, sind in den Energieversorgungsszenarien für das Jahr 2025 nicht mehr in Betrieb.

Wärmeerzeugung

Wärmepumpen sind in der Regel die ideale Technologie zur Erzeugung von Heizwärme aus Strom. Durch die Nutzung der Umweltwärme wird aus einer Kilowattstunde Strom oft die drei- oder vierfache Anzahl an Kilowattstunden Wärme. Der Einsatz von Wärmepumpen im großen Maßstab wird allerdings nur im Wärmepumpen-Szenario berücksichtigt. Darin sind Wärmepumpen mit circa 730 MW elektrischer Nennleistung vorgesehen. Günstigenfalls sind die Wärmepumpen mit Wärmespeichern oder Wärmenetzen verbunden, um die Stromüberschüsse am Tag zum Heizen in der Nacht zu verwenden.

Bioenergie wird in den 100-%-Szenarien in der Heizperiode, also im Winter eingesetzt. Ab dem Beginn der Heizperiode wird sie in Wärme umgewandelt und liefert einen konstanten Wert von 70 MW und hat bei circa 4.200 Stunden Laufzeit im Jahr eine Jahressumme von circa 292 GWh.

Power-to-Heat-Geräte, insbesondere Elektrodenkessel, eignen sich für hohe Temperaturen, beispielsweise für Prozesswärme in der Industrie. Es handelt sich dabei um große Tanks, in denen Wasser direkt erhitzt wird. Im Unterschied zum Tauchsieder kommen hier keine Heizstäbe zum Einsatz, sondern Elektroden in Salzwasser. Für die künftige Energieversorgung Dunhuangs sind die Power-to-Heat-Geräte günstigenfalls mit Wärmespeichern oder Wärmenetzen verbunden, um die Stromüberschüsse am Tag zum Heizen in der Nacht verwenden zu können.

Sonnenkollektoren werden im BAU-Szenario aufgrund der geringen installierten Leistung vernachlässigt. In den 100-%-Szenarien wird hingegen davon ausgegangen, dass das halbe Potenzial für Sonnenkollektoren auf den Dächern Dunhuangs genutzt wird. Das entspricht circa 1,45 GW installierter thermischer Leistung, mit der im Jahr circa 2,36 TWh thermische Energie erzeugt werden können.

Eine derart großflächige Nutzung von Sonnenkollektoren in Dunhuang ist zwar als sehr ambitioniert einzustufen, sie ist jedoch ein denkbarer Weg zu dem ambitionierten Ziel einer vollständigen erneuerbaren Energieversorgung Dunhuangs. Auch die Sonnenkollektoren sind günstigenfalls mit Wärmespeichern oder gar Wärmenetzen verbunden, um Wärmeüberschüsse am Tag zum Heizen in der Nacht verwenden zu können.

Prinzipiell bietet auch die im Jahr 2000 entdeckte heiße Yitanghu-Quelle in der Gemeinde Wudun eine interessante Option zur Wärmeversorgung des nächstliegenden Wohngebietes. Es muss jedoch noch genauer untersucht werden, ob sie zur Wärmeversorgung geeignet ist. Deshalb wird die Quelle im vorliegenden Energiekonzept nicht berücksichtigt.

Wärmespeicher

Das Energiekonzept sieht wegen der hohen Kosten keine Wärmelangzeitspeicher in Dunhuang vor. Bei veränderten Rahmenbedingungen könnten sie sich jedoch als nützliche oder notwendige Komponenten einer zu 100 % erneuerbaren Energieversorgung Dunhuangs herausstellen.

Thermische Kurzzeitspeicher werden im BAU-Szenario nicht berücksichtigt, spielen aber in den 100-%-Szenarien bereits eine zentrale Rolle. Ein Teil der im Winter auftretenden Stromüberschüsse muss tagsüber mittels Power-to-Heat-Technologie oder Wärmepumpen in thermischen Kurzzeitspeichern als Wärme abgespeichert werden. Auch die Sonnenkollektoren sollten über Wärmespeicher verfügen. Für das solarthermische Kraftwerk ist bereits ein Wärmespeicher von 4 Stunden geplant. Die in den thermischen Kurzzeitspeichern gespeicherte Wärme dient im Winter vor allem abends und nachts zum Heizen. Der Wärmebedarf am Tag kann zumeist direkt durch Power-to-Heat-Technologie, Wärmepumpen und Sonnenkollektoren gedeckt werden. Hierfür sind keine Wärmespeicher notwendig. Der Kurzzeitspeicher des geplanten solarthermischen Kraftwerkes wird dazu verwendet, aus der gespeicherten Wärme Strom zu erzeugen.

Für die Energieversorgung Dunhuangs ist es jedoch vorteilhaft, das solarthermische Kraftwerk nicht nur als Stromerzeuger, sondern auch direkt für die Wärmeversorgung Dunhuangs im Winter nutzen zu können. Hierfür muss das solarthermische Kraftwerk jedoch an das Wärmenetz der Stadt angeschlossen werden.

Die übrigen thermischen Kurzzeitspeicher sind ausschließlich im Winter zum Heizen erforderlich. Im Sommer können allenfalls die Wärmespeicher der Sonnenkollektoren zur Bereitstellung von Warmwasser dienen.

Wärmenetze

Die Fläche der zentralen Wärmeversorgung Dunhuangs wird um ein geplantes Wärmenetz erweitert. Das geplante Versorgungssystem besteht aus einem Heizwerk, einer Wärmeaustauschstation und primären und sekundären Netzen und versorgt alle Gebäude von Dongganqu sowie des gesamten Industrieparks. Bis 2020 wird dadurch eine Versorgungsfläche von bis zu 2 km² erreicht.

Zudem wird erwägt, das geplante solarthermische Kraftwerk mit dem bestehenden Wärmenetz zu verbinden, um die dort erzeugte Wärme direkt zur Deckung des Wärmebedarfs in Dunhuang verwenden zu können. Die Umwandlungsverluste (Wärme zu Strom und wieder Strom zu Wärme) lassen sich hierdurch vermeiden. Allerdings treten Verluste beim Wärmetransport auf. Der Hauptzweck des solarthermischen Kraftwerks ist deshalb weiterhin die Stromproduktion.

Zusätzliche Vorteile bietet eine Verbindung von Power-to-Heat-Geräten, Sonnenkollektoren und Wärmepumpen mit dem Wärmenetz. Eine eventuell auftretende örtliche Wärme-Überproduktion kann durch das Wärmenetz verteilt werden und macht dann die Wärmeproduktion an einem anderen Ort überflüssig.

5.4 DIE ENERGIEVERSORGUNG IM VERKEHRSSEKTOR

Eine CO_2-freie und regenerative Energieversorgung Dunhuangs ist nur möglich, wenn der motorisierte Verkehr vollständig elektrisch betrieben wird. Doch bereits mit Erdgasfahrzeugen (statt Benzin, Diesel) wird der CO_2-Ausstoß deutlich reduziert. Mit Biokraftstoffen (erneuerbares Methan oder Power-to-Liquid-Kraftstoffe) wird eine neutrale CO_2-Bilanz erreicht.

Der Vorteil von Elektromobilität gegenüber dem Verkehr mittels Verbrennungsmotoren ist nicht nur die CO_2-Freiheit, sondern auch der mehr als halb so große Primärenergiebedarf. Wird auf den Verbrennungsmotor als Antriebstechnologie nicht verzichtet, die Erzeugung des Kraftstoffs jedoch CO_2-neutral realisiert, ist der Energiebedarf für den Verkehr circa viermal höher als bei einem vollständig elektrisch betriebenen Verkehr.

Die 100-%-Szenarien nehmen einen vollständig elektrifizierten Verkehrssektor im privaten und öffentlichen Verkehr an, wobei der Flugverkehr mangels Datengrundlagen nicht berücksichtigt wird. Diese Annahme ist zwar ambitioniert, jedoch unumgänglich für das erklärte Ziel einer vollständig emissionsfreien Energieversorgung Dunhuangs.

Eine Umstellung des Güterverkehrs auf Elektromotoren ist aufgrund der großen zurückzulegenden Distanzen unrealistisch. Es kommen weiterhin Verbrennungsmotoren zum Einsatz, wobei auch die Verwendung von erneuerbaren Kraftstoffen möglich ist. Wird der Güterverkehr von der Straße auf die Schiene verlagert, ist sogar seine Elektrifizierung möglich.

6. MASSNAHMEN ZUR UMSETZUNG DES ENERGIEKONZEPTES FÜR DUNHUANG

Für die Umsetzung des Energiekonzeptes für Dunhuang wurden 30 Maßnahmen mit unterschiedlicher Priorität entwickelt. Eine Übersicht aller Maßnahmen gibt die folgende Tabelle. Die Eckdaten der wichtigsten Maßnahmen werden im zweiten Abschnitt skizziert.

6.1 Übersicht aller Maßnahmen

	Maßnahmen	Energiesektor	Investitionskosten	Lokale Wertschöpfung
hohe Priorität	Errichtung von Windenergieanlagen	Strom	hoch	hoch
	Ausbau des Photovoltaikparks	Strom	hoch	hoch
	Niedrigstenergiestandard einführen	Wärme	mittel	hoch
	Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten	Wärme	gering	hoch
	Förderung von Wärmepumpen	Wärme	hoch	hoch
	Überprüfung der Leitungskapazitäten für den Stromexport und die Stromverteilung	Strom	gering	hoch
	Errichtung von Stromspeichern	Strom	hoch	hoch
	Errichtung von Wärmespeichern	Wärme	mittel	mittel
	Förderung von Sonnenkollektoren	Wärme	gering	hoch
	Förderung der Elektromobilität	Verkehr	hoch	hoch
mittlere Priorität	Errichtung des solarthermischen Kraftwerks	Strom	hoch	hoch
	Erwägung eines Pumpspeicherkraftwerks	Strom	gering	hoch
	Nutzung von Bioenergie zur Energieversorgung	Strom	mittel	gering
	Erneuerbare-Energien-Stromnutzung zur Wärmebereitstellung (Power-to-Heat)	Wärme	mittel	gering
	Integration von erneuerbaren Energien in Wärmenetze	Wärme	hoch	hoch
	Ausbau der Wärmenetze	Wärme	hoch	hoch
	Gründung eines Sanierungsfonds	Wärme	mittel	mittel
	Entwicklung des öffentlichen Nahverkehrs	Verkehr	hoch	mittel
	Energieeffizienz-Beratung	System-integration	gering	mittel
niedrige Priorität	Erneuerbare-Energien-Genossenschaften	Strom	gering	hoch
	effiziente Beleuchtung im Dienstleistungssektor	Strom	mittel	mittel
	Förderung von Energiemanagementsystemen im Dienstleistungs- und Industriesektor	Strom	mittel	mittel
	Ausbau und Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED	Strom	gering	gering
	Klimawandel: Anpassungsmaßnahmen	Wärme	hoch	gering
	verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen	Verkehr	mittel	hoch
	innenstadtnahe Stadtquartiere und kompakte Siedlungsstruktur	Verkehr	hoch	hoch
	Restriktionsmaßnahmen, Tempo-30-Zonen und Fußgängerverkehr fördern	Verkehr	gering	hoch
	Entwicklung von Mobilitätsstationen	Verkehr	mittel	mittel
	Schaffung guter Radverkehrsinfrastruktur	Verkehr	hoch	mittel
	systematische Datenerfassung der Energieversorgung	System-integration	gering	gering

6.2 Die 5 wichtigsten Maßnahmen

Im Folgenden werden die Eckpunkte der 5 wichtigsten Maßnahmen für Dunhuang skizziert. Betrachtet werden dabei folgende Aspekte:

- Energiesektor
- Ausgangspunkt/Motiv
- Emissions-/Umweltauswirkung
- Kosten/Wirtschaftlichkeit
- Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung
- konkreter Projektvorschlag

Errichtung von mindestens 2 weiteren Windparks

- Stromsektor
- Nutzung der großen vorhandenen Windenergie-potenziale
- • direkte Vermeidung von Emissionen zur Stromerzeugung
  • indirekte Vermeidung von Emissionen zur Wärmeerzeugung und für den Verkehr
- konkurrenzfähig zu konventionellen Stromerzeugern
- mögliche Entstehung einer Windenergiebranche in Dunhuang
- Windmessungen in den geplanten Windparks zur Abschätzung der Energieerträge

Ausbau des Solarparks Dunhuang, Erweiterung der für Photovoltaik genutzten Flächen auf das 3- bis 4-Fache

- Stromsektor
- ideale Bedingungen für Photovoltaiknutzung
- • direkte Vermeidung von Emissionen zur Stromerzeugung
  • indirekte Vermeidung von Emissionen zur Wärmeerzeugung und für den Verkehr
- konkurrenzfähig zu konventionellen Stromerzeugern, insbesondere in Regionen mit hoher Sonneneinstrahlung wie Dunhuang
- Stärkung der Photovoltaik-Branche in Dunhuang und der Rolle Dunhuangs als Solarstromexporteur

Städtische Neubauten und Sanierungen von Bestandsgebäuden auf Niedrig- und Niedrigstenergiestandard

- Wärmesektor
- Reduzierung des sehr hohen Wärmebedarfs zum Heizen von Wohngebäuden
- geringe bis keine zusätzliche Emissionen im Neubausektor
- • höhere Investitionskosten für Neubauten, jedoch auch höherer Komfort und geringere Betriebskosten
  • anfallende Kosten für die energieeffiziente Sanierung von Bestandsgebäuden
- Entwicklung neuer Industriezweige wie Smart Home, Automatisierung, Dämmindustrie
- 1. Demonstrationsgebäude Plusenergiehaus
  2. Ausschreibung eines Nullemissions-Gewerbeparks

Verpflichtende Vorgabe für Neubauten, Erneuerbare-Energien-Technologien zu nutzen

- Wärmesektor
- das Ansteigen der Gebäudefläche Dunhuangs nutzen, um notwendige Kapazitäten von Erneuerbare-Energien-Anlagen zu installieren
- hoher energetischer Gebäudestandard wichtig, um CO_2-neutrale Stadt zu realisieren
- Investitionskosten für Solarthermie, Wärmepumpen und Photovoltaikanlagen liegen nur marginal über den Kosten für Referenzsysteme ohne Nutzung erneuerbarer Energien
- Zunahme der wirtschaftlichen Tätigkeit und Zuwanderung von „grünen" Unternehmen

Staatliche oder städtische Förderung der Anschaffung von Wärmepumpen durch Investitionszuschüsse oder zinsvergünstigte Darlehen

- Wärmesektor
- hohe Effizienz von Wärmepumpen zur Wärmeversorgung nutzen
- • Vermeidung von Emissionen zur Wärmeerzeugung
  • Reduzierung der notwendigen Kapazitäten von Stromerzeugern und Wärmespeichern
- • relativ hohe Anschaffungs- und Betriebskosten
  • im Gegenzug: hohe vermiedene Kosten wegen hoher Effizienz
- Bildung von Unternehmen zum Vertrieb und zur Installation von Wärmepumpen

DUNHUANG: AUF DEM WEG ZU EINEM VOLLSTÄNDIG CO_2-FREIEN ENERGIESYSTEM

DUNHUANG 2025*

Bevölkerung: 240.000 (2014: 142.800)
Bruttoinlandsprodukt: 2,6 Mrd. EUR (2015: 1,5 Mrd. EUR)
Erneuerbare-Energien-Anteil am Endenergiebedarf: 100 % (2015: 18,3 %)

STROMSEKTOR 2025*

jährlicher Endenergiebedarf: 0,61 TWh
installierte Leistung: 21,17 GW
jährliche Stromerzeugung: 40,96 TWh
jährliche Stromimporte: 0 TWh
jährliche Stromexporte: 34,30 TWh
Erneuerbare-Energien-Anteil an der Stromerzeugung: 100 %

WÄRMESEKTOR 2025*

jährlicher Endenergiebedarf: 4,37 TWh
installierte Leistung: 6,63 GW
jährliche Wärme-/Kälteerzeugung: 5,60 TWh
jährliche gespeicherte Wärmemenge: 0,28 TWh
Erneuerbare-Energien-Anteil an der Wärmeerzeugung: 100 %

VERKEHRSSEKTOR 2025*

jährlicher Endenergiebedarf: 1,66 TWh
privater und öffentlicher Verkehr vollständig elektrifiziert
Güterverkehr weiterhin mit Verbrennungsmotoren

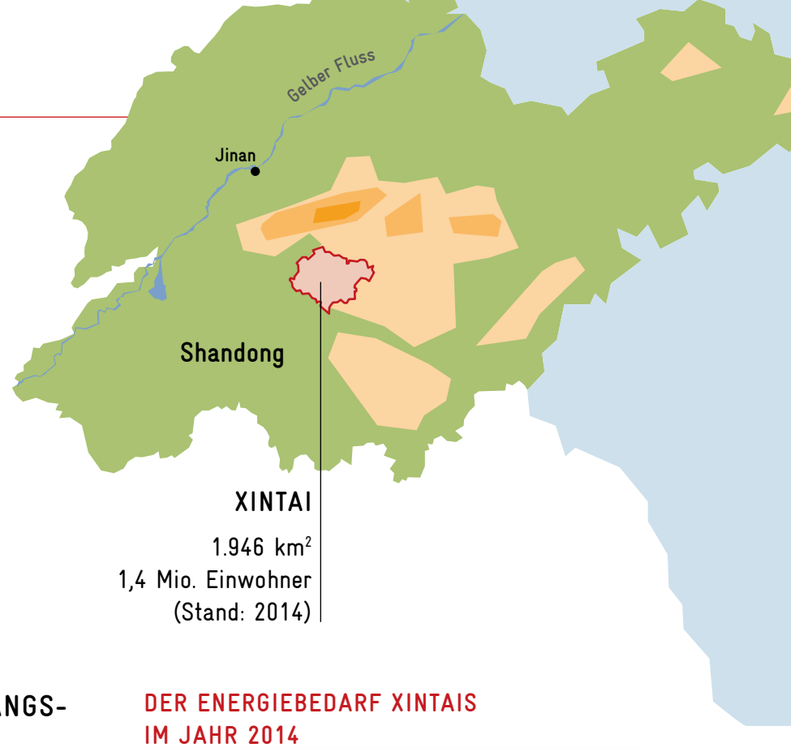
* auf Grundlage des Effizienz-Bedarfsszenarios und des Versorgungsszenarios „energieffizientes Dunhuang“

DIE 5 WICHTIGSTEN MAßNAHMEN

Errichtung von Windenergieanlagen
Ausbau des Photovoltaikparks
Niedrigstenergiestandard einführen
Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten
Förderung von Wärmepumpen

ERNEUERBARE ENERGIEN AUSBAUEN
ENERGIE SPAREN/EFFIZIENZ ERHÖHEN
WISSEN UND AUSTAUSCH FÖRDERN
INFRASTRUKTUR ANPASSEN UND AUSBAUEN
MOBILITÄT VERÄNDERN
ENERGIE SPEICHERN
Errichtung des solarthermischen Kraftwerks
Errichtung von Windenergieanlagen !
Integration von erneuerbaren Energien in Wärmenetze
Niedrigstenergie-standard einführen !
Ausbau des Photovoltaikparks !
Nutzung von Bioenergie zur Energieversorgung
Förderung von Sonnenkollektoren
Erneuerbare-Energien-Strom-nutzung zur Wärmebereit-stellung (Power-to-Heat)
Förderung von Wärmepumpen !
Gründung eines Sanierungsfonds
Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten !
Erneuerbare-Energie-Genossenschaften
Förderung von Energie-managementsystemen im Dienstleistungs- und Industriesektor
effiziente Beleuchtung im Dienstleistungssektor
Ausbau und Umstellung der Straßen-beleuchtung auf LED
Energieeffizienz-Beratung
systematische Datenerfassung der Energieversorgung
Restriktionsmaßnahmen, Tempo-30-Zonen und Fußgängerverkehr fördern
30
Überprüfung der Leitungskapazitä-ten für den Stromexport und die Stromverteilung
Klimawandel: Anpassungsmaßnahmen
innerstadtnahe Stadtquartiere und kompakte Siedlungsstruktur
verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen
Schaffung guter Radverkehrsinfrastruktur
Entwicklung des öffentlichen Nahverkehrs
Entwicklung von Mobilitätsstationen
Förderung der Elektromobilität
Erwägung eines Pumpspeicher-kraftwerks
Errichtung von Stromspeichern
Errichtung von Wärmespeichern
Ausbau der Wärmenetze

DAS ENERGIEKONZEPT FÜR XINTAI



1. XINTAI – VOM KOHLEBERGBAU GEPRÄGT

Xintai ist eine kreisfreie Stadt im Osten Chinas und liegt im Zentrum der Provinz Shandong. Die Bevölkerung Xintais ist in den vergangenen zehn Jahren recht konstant geblieben. Es ist davon auszugehen, dass die Einwohnerzahl von derzeit etwa 1,4 Mio. auf 1,5 Mio. bis 2030 steigen wird.

Das Bruttoinlandsprodukt von Xintai betrug 2014 76,9 Mrd. RMB (etwa 9,77 Mrd. EUR). Mit 51 % hatte der Industriesektor den größten Anteil an der Wirtschaft Xintais. Der Anteil des Sektors Gewerbe, Handel, Dienstleitung lag bei 42 %, die Landwirtschaft folgte mit 7 %. Die drei wichtigsten Bereiche des Industriesektors sind die Bereiche Bergbau, Produktion und Energieversorgung. Der Bergbau wird zu 84 % von der Kohleförderung beherrscht, wird jedoch künftig immer mehr an Bedeutung verlieren.

Somit basiert die wirtschaftliche Entwicklung Xintais auf Kohlevorkommen und auch die Energieversorgung wird zu einem großen Teil aus Kohle gedeckt. Die fortschreitende Erschöpfung der Kohlereserven sowie der damit eingeleitete Strukturwandel stellen die Stadt jedoch vor große Herausforderungen.

Xintai hat ein warmes gemäßigtes kontinentales Monsunklima mit vier Jahreszeiten. Im Winter gibt es deutlich weniger Regen als im Sommer. Die Außentemperaturen unterliegen erheblichen Schwankungen, sodass in Xintai sowohl erheblicher Heiz- als auch erheblicher Kühlbedarf besteht. Während der Sommermonate liegt die Tagesdurchschnittstemperatur an insgesamt 65 Tagen über 24 °C, 11 Tage davon haben sogar einen Tagesdurchschnittswert von über 28 °C.

KLIMADATEN XINTAI

durchschnittliche Regenmenge pro Jahr	732 mm
jährliche Durchschnittstemperatur	13,6 °C
monatliche durchschnittliche Höchsttemperatur (im Juni)	26,6 °C
monatliche durchschnittliche niedrigste Temperatur (im Januar)	-1,7 °C
höchste Temperatur	42,0 °C
niedrigste Temperatur	-19,8 °C
durchschnittliche Sonnenscheindauer im Jahr	2.327 h

2. DIE ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION DER STADT

Aufgrund der geografischen Lage und der klimatischen Bedingungen Xintais ist neben dem Stromsektor auch der Wärme- und Kältesektor von großer Bedeutung für das Energiesystem der Stadt. Wegen der großen Fläche Xintais nimmt zudem der Verkehrssektor ebenfalls eine wichtige Rolle ein.

2.1 IST-SITUATION: DER ENERGIEBEDARF

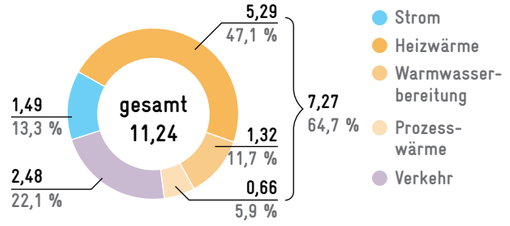
Der Stromverbrauch Xintais unterliegt wegen des großen Einflusses der Industrie auf den Lastverlauf im Jahresverlauf großen Schwankungen. Sie werden durch Urlaubszeiten und nationale Betriebsfeiertage verursacht; zusätzlich gibt es im Sommer einen erhöhten Kühlbedarf. Von den drei wichtigsten Verbrauchsbranchen Landwirtschaft, Industrie/Produktion sowie Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (mit Einzelhandel) weist die Industrie mit 80 % den größten Anteil am Stromverbrauch auf. Den geringsten Anteil hat die Landwirtschaft (4 %).

Der Gesamtstromverbrauch der Stadt stieg von 1,5 TWh im Jahr 2013 auf rund 1,6 TWh im Jahr 2015. Im Referenzjahr 2014 lag er bei 1,49 TWh. Der Gesamtstromverbrauch aller Haushalte betrug 2014 493,59 GWh. Pro Haushalt ergibt sich ein Stromverbrauch von rund 2.142 kWh pro Jahr. Zum Vergleich: In Deutschland liegt der Stromverbrauch eines Vierpersonenhaushalts zwischen 3.500 und 4.500 kWh pro Jahr.

Der Wärmebedarf für Heizwärme und Warmwasser lag in Xintai insgesamt bei rund 6,61 TWh für das Jahr 2014. Der Anteil für Warmwasser eines typischen Haushalts lag bei rund 14 % des gesamten Energiebedarfs der Haushalte. Am Gesamtwärmebedarf hatte Warmwasser einen Anteil von rund 20 %. Für die gesamte Stadt betrug der Warmwasserbedarf danach 1,32 TWh. Die Heizwärme machte rund

DER ENERGIEBEDARF XINTAIS IM JAHR 2014

ENDENERGIEBEDARF (in TWh/a)



5,29 TWh aus. Größtenteils erfolgte die Beheizung elektrisch oder durch Gas.

Für den Prozesswärmebedarf wird vermutet, dass die Industrieunternehmen ihre Prozesswärme teilweise dezentral über eigene Anlagen erzeugen. Für eine detaillierte Betrachtung liegen jedoch keine ausreichenden Daten vor. Nach Abschätzung der Daten der Fernwärmenetze der Kraftwerksbetreiber wird davon ausgegangen, dass der Prozesswärmebedarf in Xintai bei rund 660 GWh/a liegt.

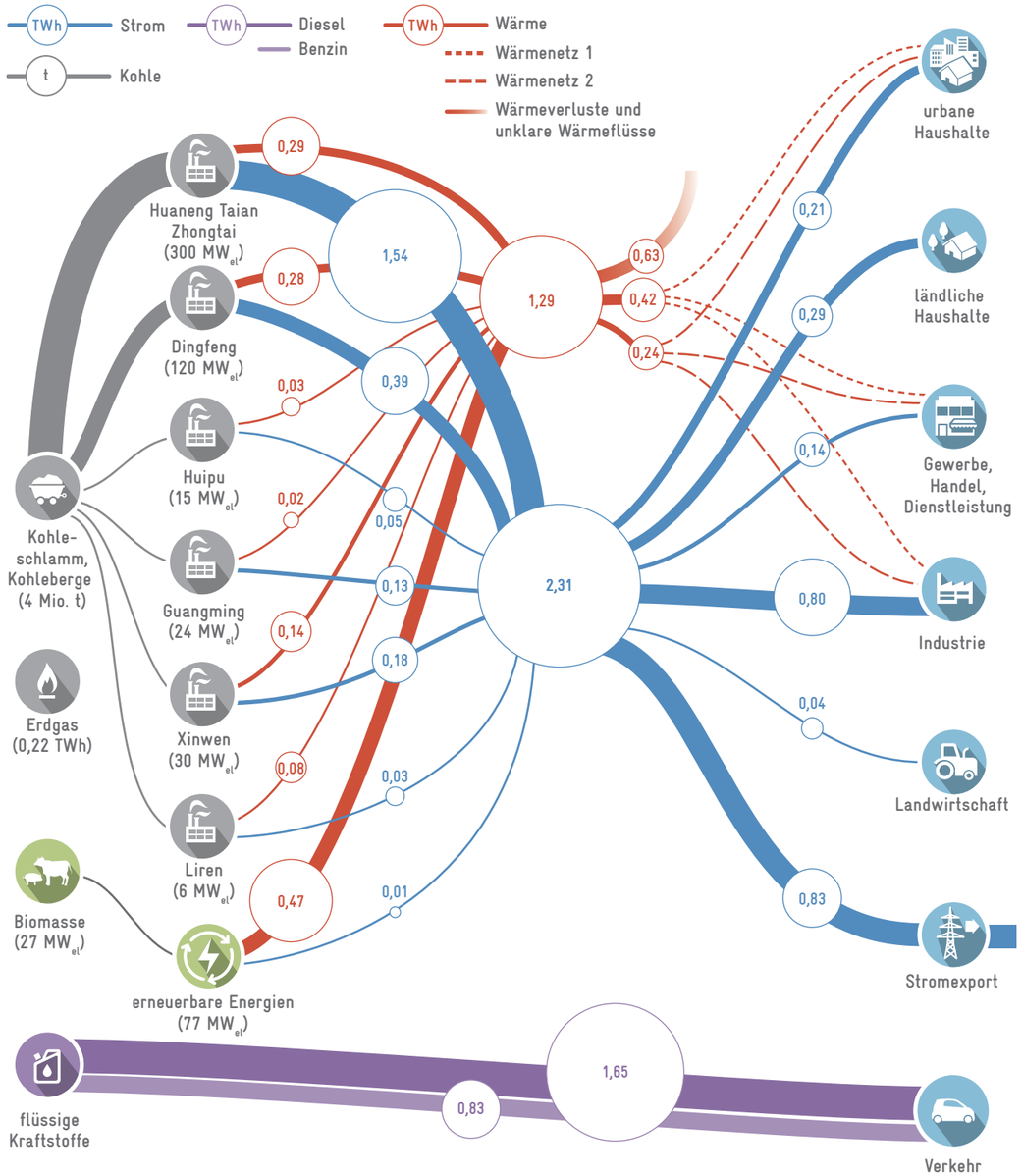
Aufgrund des Klimas in Xintai besteht neben dem Heizenergiebedarf ein erheblicher Kühlenergiebedarf. Ab April steigen die Tagesdurchschnittstemperaturen in Xintai stark an. Die Temperaturen schwanken im Tagesverlauf stark. Selbst während längerer Hitzeperioden liegen die Schwankungen bei mindestens zehn Grad Celsius zwischen Tag und Nacht.

Der Kühlenergiebedarf basiert auf einer Abschätzung in Abhängigkeit der Außentemperatur. Es wurde angenommen, dass ab einer Außentemperatur von 26 °C gekühlt wird. Daraus ergibt sich ein theoretischer Kühlbedarf von 2,81 TWh für die urbanen Haushalte. Dieser wird bislang sicherlich nicht in vollem Umfang über Klimageräte gedeckt, da Komforteinbußen durch Übertemperaturen häufig in Kauf genommen werden.

Der Energiebedarf für den lokalen Verkehr setzt sich aus dem Treibstoffbedarf für private Fahrzeuge und Nutzfahrzeuge sowie für Taxis und öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Schienenfahrzeuge zusammen. Detaillierte Daten

DIE ENERGIEFLÜSSE IN XINTAI IM JAHR 2014

Das Diagramm zeigt nur solche Energieflüsse, für die genaue Daten für das Basisjahr 2014 vorliegen.



© Stadt Xintai

Photovoltaik-Freiflächenanlage in Xintai

zu Personenkilometern liegen für Xintai nicht vor. Anhand des Pkw-Bestandes, der Einwohnerzahl sowie des Bedarfs für die Energieträger Diesel und Benzin wurde ein gesamter Energiebedarf von rund 2,48 TWh für das Jahr 2014 für alle Verkehrsmittel geschätzt.

2.2 IST-SITUATION: DIE ENERGIEVERSORGUNG

Xintai ist ein Zentrum der Kohleförderung und das aktuelle Energieversorgungssystem basiert maßgeblich auf dem Primärenergieträger Steinkohle. Alle existierenden Kraftwerke Xintais stellen sowohl Strom als auch Wärme bereit. Erneuerbare Energiequellen sind bislang noch wenig erschlossen.

Stromversorgung fast ausschließlich mit Kohlestrom

Der Anteil erneuerbarer Energien an der Stromerzeugung Xintas beträgt nur 4 %. Die Stromversorgung erfolgt beinahe ausschließlich über Kohlekraftwerke. In der Stadt existieren insgesamt neun Kohlekraftwerke. Bei allen Kraftwerken handelt es sich um Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen (KWK-Anlagen). Zusammen verfügen sie über eine installierte Leistung von 543 MW und erzeugten im Jahr 2014 2,34 TWh Strom. Die Kraftwerke werden mit Kohleberge[8] und Kohleschlamm[9] betrieben. Kohleberge wird in China vor allem deshalb als Energieträger eingesetzt, um Kohle als Ressource zu schonen.

8 Kohleberge = Abraummaterial, Nebengestein, das bei der Kohlegewinnung mit anfällt

9 Kohleschlamm = Abfallprodukt bei der Kohleaufbereitung (Kohlewäsche)

In Xintai existiert zwar ein strohgefeuerter Biomassekessel mit einer elektrischen Nennleistung von 27 MW, doch das Kraftwerk dient vor allem der Wärmeerzeugung. Die Stromerzeugung fällt deutlich geringer aus und betrug 2014 96,38 GWh.

Bis 2015 wurden in Xintai bereits zwei Photovoltaik-Freiflächenanlagen fertiggestellt. Zusammen verfügen sie über eine Nennleistung von 50 MW und erzeugten im Jahr 2015 insgesamt 24,65 GWh Strom.

Windenergieanlagen und Wasserkraftwerke gibt es aktuell in Xintai nicht. Bis 2020 sollen jedoch drei Windparks mit insgesamt knapp 200 MW Leistung entstehen. Ein Ausbau der Wasserkraft ist nicht vorgesehen.

Überwiegend dezentrale Wärme- und Kälteversorgung

Für Xintai sind Informationen zu zwei Wärmenetzen verfügbar, an die insgesamt 1.020 Gebäude (mit rund 4 km² beheizter Fläche) angeschlossen sind. Die Zahl der versorgten Haushalte beträgt 40.800, was knapp 8 % aller Haushalte in Xintai (530.483) entspricht. Die Auslegungstemperaturen der Wärmenetze für Haushalte sind im Primärnetz 95 °C/90 °C, im Sekundärnetz liegen die Temperaturen für Radiatoren bei 55 °C/45 °C und bei 45 °C/38 °C für Fußbodenheizungen. Für das Jahr 2015 betrug die Wärmeerzeugung aller wärmeerzeugenden Kraftwerke zusammen 1,55 TWh.

Wie die 92 % Haushalte beheizt werden, die nicht an die zwei Fernwärmenetze angeschlossen sind, ist nicht im Detail bekannt. Es gibt keine Angaben zu Wärmeerzeugungssystemen in Einzelgebäuden. Da die Kraftwerke, die Fernwärme liefern, auf ein relativ kleines Gebiet konzentriert sind, muss

der überwiegende Teil der Haushalte dezentral versorgt werden. Hierfür werden die Energieträger Erdgas, Kohle, Strom und Solarwärme eingesetzt.

Darüber, welchen Beitrag die bislang installierten dezentralen solarthermischen Warmwasseranlagen zur Energieversorgung der Haushalte liefern, gibt es keine genauen Daten. Im Bericht zur Entwicklung von neuen Energien in Xintai wird angegeben, dass bis Ende 2014 rund 157.600 m² solarthermische Kollektoren installiert wurden.

Darüber hinaus wird die Erdreichwärmepumpe Taihe Mingcheng zur Versorgung von zwei Gebäuden eines Wohnbezirks von Xintai genutzt. Die Wärmepumpe wird über 223 Bohrungen mit 96 Metern Tiefe mit 10 bis 20 °C warmem Wasser versorgt. Die Wärmeleistung der geothermalen Quelle wird mit 1,1 MW_{th} angegeben. Die Nutzung von Geothermie als primäre Wärmequelle zur Gebäudebeheizung mittels Wärmepumpen wird als grundsätzlich machbar angesehen. Eine Nutzung von Tiefengeothermie zur Strom- und Wärmeerzeugung ist dagegen nicht vorgesehen.

Für die Prozesswärmeversorgung Xintais ist davon auszugehen, dass sie teilweise per Fernwärme und teilweise aus dezentralen Anlagen der Industrie erfolgt.

Die Gebäudekühlung erfolgt hingegen ausschließlich über Klimaanlagen, sodass sich der Kühlenergiebedarf im Strombedarf abbildet.

100 % fossile Energien im Verkehrssektor

In Xintai gab es 2014 236.600 private Kraftfahrzeuge, 266 Taxis, 966 Busse, 700 Kleintransporter und 3.262 Lkw. Insgesamt ist davon auszugehen, dass in der Statistik nicht alle Fahrzeuge erfasst werden. Der tatsächliche Bestand ist Schätzungen zufolge um rund ein Drittel höher. Der aktuelle Energiebedarf für den Verkehrssektor wird zu 100 % aus Diesel und Benzin gedeckt.

3. POTENZIALE FÜR DEN AUSBAU VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

Die flächige Ausdehnung Xintais und die passende topografische Struktur bieten sowohl für die Windkraft als auch für die Solarenergie große Flächenpotenziale. Auch für die Biomassenutzung und im Bereich der oberflächennahen Geothermie ist in Xintai erhebliches Potenzial vorhanden.

3.1 WIND- UND SOLARENERGIE

Rund 739 km² der Gesamtfläche Xintais sind bergig und größtenteils bewaldet, was prinzipiell gute Randbedingungen für die Windenergienutzung bietet. Bei einem ausreichenden Abstand der Windenergieanlagen zu Siedlungen von 300 m und der Möglichkeit, auch im Wald Anlagen zu errichten, lassen sich 3,95 GW Windenergieleistung im Gebiet von Xintai installieren. Beträgt der Mindestabstand zu Siedlungen 600 m und werden Waldflächen ausgeschlossen, sind es 0,81 GW.

Für die Dachflächenphotovoltaik ergibt sich nach Abschätzung des Flächenpotenzials auf Wohn-, Gewerbe- und Industriedächern ein erhebliches Potenzial in Xintai. Insgesamt sind circa 15,5 km² Dachflächen für den Bau von Aufdach-Photovoltaikanlagen geeignet, auf denen potenziell 2,18 GW Leistung installiert werden können. Im Bereich der Photovoltaik-Freiflächenanlagen will die Stadt Xintai zukünftig ihren energiestrategischen Schwerpunkt legen. In den Planungen der Stadt werden insgesamt 30 Projekte aufgeführt, die im Rahmen des Photovoltaikausbaus bis zum Jahr 2020 realisiert werden sollen. Entsprechend ist die Datenlage für die geplanten Photovoltaikparks auf Bergbaukonversionsflächen am detailliertesten ausgearbeitet und stellt das größte quantitative Potenzial dar. Für den Bau von Freiflächen-Photovoltaikanlagen sind circa 341 km² geeignet, wenn ein Abstand zu Siedlungen von 300 m als ausreichend angesehen wird. Die potenziell installierbare Leistung auf diesen Freiflächen beträgt 11,36 GW.

Xintai verfügt darüber hinaus über Potenzial für Dachflächen-Solarthermie. Auf den verfügbaren Dachflächen lassen sich 5,42 TWh thermische Energie erzeugen. Davon entfallen circa 64 % auf Siedlungsdächer und circa 16 % auf Industriedächer. Technologie- und systembedingt variieren die thermischen Energieerträge und lassen sich schlechter prognostizieren als die elektrischen.

Generell steht die Solarthermie in Konkurrenz zur Photovoltaik. Das Dachflächenpotenzial in Xintai ist jedoch groß genug, um beide Systeme entsprechend ihren sinnvollen Einsatzgebieten nutzen zu können. Bei den Wohngebäuden steht klar die solarthermische Brauchwassererzeugung im Vordergrund. Die Nutzung von Solarthermie zur Prozesswassererwärmung stellt für Industrie- und Gewerbegebäude eine Option dar, die je nach Anforderungen der Betriebe geprüft werden sollte.

Für Xintai sind bereits einige Dachflächen-Solarthermieanlagen geplant. Für Wohnungen mit Haushalten mit geringem Einkommen ist die Installation von einer Kollektorfläche mit insgesamt rund 8 km² vorgesehen, woraus sich eine jährliche Wärmemenge von 2,8 TWh für die Brauchwassererwärmung ergibt.

Für Freiflächen-Solarthermieanlagen, mit denen Siedlungsgebiete mit Niedertemperatur-Nahwärme versorgt werden können, eignen sich besonders Freiflächen, die unmittelbar an Wohnquartiere angrenzen und über kurze Leitungswege erschlossen werden können. Für eine konkrete Potenzialabschätzung liegen die erforderlichen Daten für Xintai leider nicht vor. Überträgt man Erfahrungswerte aus deutschen Studien, so könnten 20 bis 25 % des Endenergiebedarfs für die Gebäudebeheizung und Warmwasserbereitung aus solarer Niedertemperaturwärme erzeugt werden. Theoretisch können auf den Freiflächen Xintais 27,72 TWh thermische Energie erzeugt werden.

3.2 WEITERE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

Neben der Wind- und Solarenergie stehen Xintai weitere Potenziale für die Nutzung erneuerbarer Energieträger zur

POTENZIALE FÜR DIE WIND- UND SOLARENERGIENUTZUNG IN XINTAI

	Installierbare Leistung in GW	Potenzieller Energieertrag in GWh/a
Windenergieanlagen inkl. Waldflächen und mit Pufferabstand von 300 m	3,95	13,41
Windenergieanlage ohne Waldflächen und mit Pufferabstand von 600 m	0,81	2,75
Photovoltaik-Freiflächenanlagen ohne Waldflächen und mit Pufferabstand von 300 m	11,36	12,38
Photovoltaik-Dachflächenanlagen	2,18	2,37
Solarthermie-Dachflächenanlagen	–	5.425
Solarthermie-Freiflächenanlagen	–	27.724

Verfügung. Allerdings liegen keine Angaben zu Wasserkraftpotenzialen in Xintai vor. Auch für Energiespeicher (zum Beispiel Pumpspeicherkraftwerke oder Untergrundspeicher wie Kavernen) gibt es nach den vorliegenden Informationen kein Potenzial. Potenziale bieten jedoch Biomasse, Geothermie und Wärmepumpen.

Biomasse

Biomasse kann sowohl zur Stromerzeugung als auch zur Bereitstellung von Wärme mit hohen Temperaturen und zur Treibstoffproduktion genutzt werden. Biomasse weist allerdings eine eher geringe Flächeneffizienz auf und der Anbau von Energiepflanzen steht zudem häufig in direkter Konkurrenz zur Lebensmittelproduktion.

Inwiefern eine Umnutzung bestehender landwirtschaftlicher Flächen zum Anbau von Energiepflanzen in der Zukunft möglich ist, lässt sich auf Basis der vorhandenen Daten nicht beurteilen. Gegebenenfalls bieten Konversionsflächen des Bergbaus und industrielle Brachen zukünftig Optionen für den Anbau von Energiehölzern als Kurzumtriebsplantagen. Um Konkurrenzen zur Nahrungsmittelerzeugung zu vermeiden, stellen insbesondere Flächen, die wegen schlechter Bodenqualität oder Verunreinigungen nicht zur Erzeugung von Futtermitteln und Nahrungsmitteln genutzt werden können, Potenzialflächen dar. Hier können Energiepflanzen zusätzlich der Bodenverbesserung und Landschaftspflege dienen.

Der Anbau von Energiepflanzen mit den genannten Einschränkungen und Problemen ist jedoch nicht die einzige Möglichkeit zur Biomassenutzung. Auch forstliche Biomasse, Reststoffe aus der Landwirtschaft sowie Küchen- und Siedlungsabfälle können für die Energieerzeugung genutzt werden. So verfügt die Stadt Xintai über rund 73.667 Hektar Waldfläche und es kann von einer mittleren jährlich verfügbaren Biomasse von 11,7 Vm³/ha ausgegangen werden. Davon entfallen rund 2,1 Vm³/ha auf Reisighölzer (Bergequote etwa 10 %) und rund 7,6 Vm³/ha auf Derbholz (davon circa 15 % für energetische Zwecke nutzbar, zum Beispiel als Brennholz). Insgesamt ergibt sich ein Gesamtpotenzial von 40.277 t/a. Dies entspricht einer Energiemenge von rund 161 GWh/a.

Landwirtschaftliche Reststoffe fallen in Xintai zum Beispiel aus dem Anbau von Weizen, Mais, Süßkartoffel, Erdnuss oder Baumwolle an. Da es auch bei der energetischen Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zu Nutzungskonkurrenzen mit landwirtschaftlichen Nutzungen (Einstreu, Bodenverbesserung) kommt, wird von einer Bergequote von 50 % ausgegangen. So ergibt sich ein energetisches Potenzial von rund 1,23 GWh/a.

Daneben sind Reststoffe aus der Tierhaltung (Gülle) verfügbar. Die erzielbare Bergequote liegt bei Stallhaltung deutlich höher als bei (saisonaler) Weidehaltung. Für die Berechnung des Energiepotenzials wird davon ausgegangen, dass es sich um reine Stallhaltung handelt und eine Bergequote von rund 90 % erreicht werden kann. Insgesamt ergibt sich für Xintai aus Abfallstoffen der Tierproduktion ein energetisches Potenzial von rund 530 GWh/a. Die Stadt plant jedoch, ihren Viehbestand bis zum Jahr 2020 deutlich zu vergrößern, sodass mit einem steigenden Gülleaufkommen gerechnet werden kann.

Die Menge der anfallenden Küchenabfälle wird von Xintai mit rund 1 kg pro Person und Tag angegeben. Die Werte beziehen sich lediglich auf den städtischen Teil der Bevölkerung (circa 500.000 Einwohner). Dies ergibt ein jährliches Aufkommen an Küchenabfällen von 182.500 t. Geht man von nur der Hälfte an Küchenabfällen für den Rest der Bevölkerung aus, so kämen weitere rund 146.000 t pro Jahr hinzu. Küchenabfälle lassen sich sowohl in kleineren dezentralen Anlagen als auch in größeren (semi)zentralen Anlagen zu Biogas vergären. Ein Gesamtenergieertrag zwischen rund 300 und 660 kWh/t Küchenabfall ist, je nach angewandter Technologie, möglich. Für Xintai ergibt sich hieraus ein mögliches Energiepotenzial von 120 bis 216 GWh/a.

Darüber hinaus befindet sich in Xintai derzeit eine Müllverbrennungsanlage im Aufbau. Über die zukünftig hieraus nutzbaren Energiemengen (Strom und/oder Wärme) gibt es noch keine entsprechenden Erzeugungsdaten.

Geothermie und Wärmepumpen

Die Stadt Xintai plant den Einsatz geothermaler Wärmepumpen für die Gebäudebeheizung. Hier ist bis zum Jahr 2020 die Beheizung von rund 5 Mio. m² Gebäudefläche vorgesehen. Nähere Angaben zu konkreten Systemen und Auslegungsparametern liegen nicht vor, sodass die Abschätzung des Gesamtpotenzials schwierig ist. Dieses hängt in hohem

POTENZIALE FÜR DIE NUTZUNG WEITERER ERNEUERBARER ENERGIEN IN XINTAI

	Nutzbare Masse in t/a	Potenzieller Stromertrag in GWh/a	Potenzieller Wärmeertrag in GWh/a
forstliche Biomasse	40.277	161	1.362
landwirtschaftliche Reststoffe	702.800	1,23	
Gülle	3.816.000	530	
Küchenabfälle	328.500	216	

Maße von den spezifischen geologischen und hydrologischen Bedingungen im Untergrund ab und kann in einem großräumigen Gebiet wie der Stadt Xintai innerhalb der Region stark schwanken.

Grundsätzlich wird davon ausgegangen, dass oberflächennahe geothermale Wärmepumpen für die Gebäudebeheizung und zur Prozesswärmeerzeugung in Xintai eingesetzt werden können. Dabei handelt es sich sowohl um dezentrale Wärmepumpen kleinerer Leistungen als auch um zentrale Großwärmepumpen für die Einbindung in lokale Wärmenetze.

4. DER KÜNFTIGE ENERGIEBEDARF UND DIE KÜNFTIGE ENERGIEVERSORGUNG XINTAIS

Auf Grundlage der energetischen Ausgangssituation Xintais im Jahr 2014 wurden für die Stadt drei Szenarien ausgearbeitet. Diese berücksichtigen zentrale Entwicklungsfaktoren wie das Bevölkerungswachstum, die wirtschaftliche Entwicklung sowie strukturelle Veränderungen der Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Dienstleistung. Die Zieljahre der Berechnungen sind das Jahr 2020 für die kurzfristige und das Jahr 2030 für die mittelfristige Entwicklung.

4.1 DREI SZENARIEN FÜR BEDARF UND VERSORGUNG

Die Energieerzeugung und -versorgung unterscheidet sich in den drei Szenarien nur gering. Der Zubau der Photovoltaikleistung von rund 3 GW im Jahr 2020 auf 8 GW im Jahr 2030 bleibt in allen drei Szenarien gleich. Eine installierte Windenergieleistung von 1 GW im Jahr 2020 und 2030 ist ebenfalls in den betrachteten Szenarien gleich angesetzt. Es wurde angenommen, dass sich von der geplanten installierten Photovoltaikleistung (insgesamt 8 GW) 2 GW auf dezentrale und 6 GW auf zentrale Photovoltaikkraftwerke aufteilt. Das Potenzial von Dachflächenanlagen wäre damit zu 100 % ausgeschöpft.

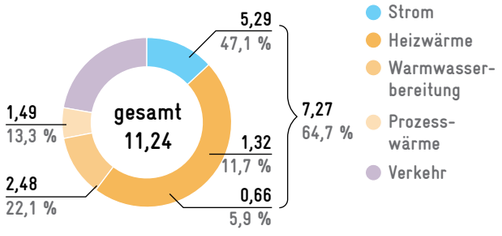
Business as usual: das Referenzszenario

Das erste der drei Energieszenarien für Xintai ist das Referenzszenario. Dabei handelt es sich um ein Business-as-usual-Szenario, das die laufenden Entwicklungen und Planungen der Stadt Xintai fortschreibt.

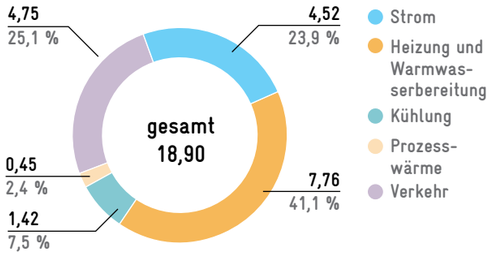
Der Endenergiebedarf im Jahr 2030

Im Referenzszenario wird eine Steigerung der Energieeffizienz mit eher durchschnittlichen Ambitionen angenommen. Der aktuell laufende und bereits geplante Ausbau der Erneuerbare-Energien-Anlagen fließt ebenfalls in dieses Szenario ein.

ENDENERGIEBEDARF 2014 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF REFERENZSZENARIO 2030 (in TWh/a)



Gegenüber dem aktuellen Stand steigt der Endenergiebedarf um 35 %. Hauptgründe für den Anstieg sind das urbane Bevölkerungswachstum, die zunehmende Ausstattung der Bevölkerung mit elektronischen und elektrischen Geräten sowie ein erhöhter Strombedarf für den Einsatz von Klimaanlagen. Zu einem kleinen Teil ist die Zunahme des Stromverbrauchs auch durch den Einsatz von dezentralen Wärmepumpen begründet.

Um der weiteren Urbanisierung und wirtschaftlichen Entwicklung Rechnung zu tragen, steigt der Energiebedarf im Verkehrssektor um jährlich 4 %. Es wird angenommen, dass Elektromobile rund 50 % des Energiebedarfs verursachen. Der restliche Anteil der Pkw nutzt konventionelle Energieträger wie Diesel und Benzin.

Der temperaturbedingte Heiz- und Warmwasserwärmebedarf steigt von aktuell 6.613 GWh/a auf rund 7.760 GWh/a. Der Prozesswärmebedarf sinkt durch den insgesamt etwas geringeren Anteil des Industriesektors sowie durch die begründete Annahme, dass der Bergbau im Jahr 2030 einen wesentlich geringeren Stellenwert in der Stadt einnimmt. Der Anteil der Klimatisierung urbaner Haushalte liegt bei rund 70 % und erhöht den Kühlenergiebedarf auf rund 1.419 GWh/a.

Die Energieversorgung und -erzeugung im Jahr 2030

Im Referenzszenario liegt der Anteil erneuerbarer Energieträger am Endenergiebedarf aller drei Sektoren (Strom, Wärme, Verkehr) bilanziell bei 77 %. Die Hauptenergiequelle für die Energieerzeugung in Xintai stellt mit 51 % die Photovoltaik dar. Sie wird wie geplant auf 8 GW im Jahr 2030 ausgebaut. Die Windenergie übernimmt an der gesamten Energieerzeugung einen Anteil von rund 6 %. Die übrigen 43 % verteilen sich auf Biogas, dezentrale Wärmepumpen, Biomasse und Fernwärme mittels Großwärmepumpen, Solarthermie sowie auf fossile Energieträger, die mit rund 30 % noch den größten Anteil der übrigen Energieträger einnehmen.

Im Stromsektor erreichen Photovoltaik- und Windenergieerzeugung zusammen einen Anteil von über 300 % in der Jahresbilanz. Von größerer Bedeutung ist jedoch der Anteil erneuerbarer Erzeugung im Wärmesektor. Dieser liegt bei rund 40 % und macht deutlich, dass die Sektorenkopplung zwischen Strom- und Wärmesektor mit dem zunehmenden Photovoltaik- und Windenergieausbau an Bedeutung gewinnt, wenn insgesamt ein hoher Deckungsgrad aus erneuerbaren Energien erreicht werden soll. Für die Kühlung werden vorrangig elektrische Klimatisierungsgeräte eingesetzt, die rund 70 % der urbanen Haushalte versorgen und den Strombedarf zunehmend erhöhen.

Der Export von überschüssigem Strom aus Windenergie und Photovoltaik würde abzüglich der Stromnutzung im Wärme- und Verkehrssektor gut 64 % der regenerativen Erzeugung ausmachen. Das bedeutet, dass ohne weitere Maßnahmen 64 % der vor Ort erzeugten erneuerbaren Energie nicht vor Ort genutzt werden können.

Für die Wärmeversorgung sind für Wohnungen mit Haushalten geringen Einkommens insgesamt rund 8 km² Solarkollektorfläche geplant, die 2,8 TWh/a für die Brauchwassererwärmung bereitstellen. Dies würde rund 36 % des zukünftigen Wärmebedarfs abdecken.

Solarthermie steht jedoch in Konkurrenz zur Photovoltaiknutzung, die fast 100 % der möglichen Dachflächen beansprucht. Gleichzeitig ist die Solarthermie deutlich stärker an eine lokal abgestimmte Nutzung gebunden als die Photovoltaik, was die Abschätzung einer Gesamtnutzungsrate und der damit einhergehenden Wirkungsgrade für ein gesamtstädtisches Energiekonzept schwieriger macht.

Dezentrale Wärmepumpen nehmen einen Anteil von 10 % an der Wärmeversorgung für Heizwärme und Warmwasser ein. Die Fernwärme wird in Xintai zwar ausgebaut, bleibt aber relativ konstant und steigt von 8 % im Jahr 2014 auf lediglich 10 % im Jahr 2030. Da Biomasse zur thermischen Nutzung nur ein Gesamtpotenzial von rund 817 GWh/a besitzt, müssen für den Wärmesektor weiterhin knapp 5.000 GWh/a aus fossiler Erzeugung, zum Beispiel aus Erdgas, bereitgestellt werden.

Ressourcen schonen: das Energieeffizienzszenario

Das Effizienzszenario untersucht die Wirkung umfassender Energieeinsparmaßnahmen in Verbindung mit den Ausbaumaßnahmen des Referenzszenarios. Es legt seinen Schwerpunkt nicht nur auf den Ausbau regenerativer Erzeugung, sondern verstärkt zudem die Anstrengungen im Bereich der Energieeffizienz und Endenergieeinsparung in allen drei Sektoren.

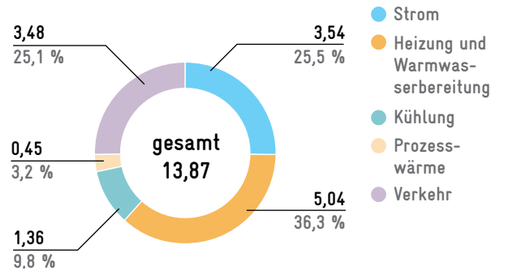
Der Endenergiebedarf im Jahr 2030

Im Effizienzszenario liegt der Endenergiebedarf im Jahr 2030 bei rund 13,87 TWh für alle drei Sektoren. Dies bedeutet einen Anstieg gegenüber dem Jahr 2014 von 13 %, jedoch eine Reduzierung im Vergleich zum Referenzszenario um 27 %.

Ein erhöhter Neubaustandard sowie energetische Sanierungen im Bestand reduzieren einerseits den Wärmebedarf während der Heizperiode, anderseits den zunehmenden Kühlbedarf im Sommer und somit ebenfalls den Strombedarf zu Spitzenlastzeiten.

Weiter beeinflusst die Entwicklung der Pkw-Dichte den Energiebedarf im Verkehrssektor überproportional hoch. Er reduziert sich um rund 27 % und zeigt den großen Einfluss eines verminderten motorisierten Individualverkehrs.

ENDENERGIEBEDARF EFFIZIENZSZENARIO 2030 (in TWh/a)



Die Energieversorgung und -erzeugung im Jahr 2030

Auf der Versorgungsseite ändert sich im Energieeffizienzszenario gegenüber dem Referenzszenario in der Stromerzeugung kaum etwas. Weiterhin werden für die Erzeugung aus Photovoltaik 8 GW und für die Erzeugung aus Windkraft 1 GW als Zubau angenommen. Ebenfalls konstant bleibt die Solarthermieerzeugung auf einer Fläche von 8 km².

Im Vergleich zum Referenzszenario erhöht sich der Anteil dezentraler Wärmepumpen von 10 auf 40 %; der Fernwärmeanteil steigt von 10 auf 25 %. Weil die höhere Anzahl von

Wärmepumpen einen größeren Anteil des lokal erzeugten regenerativen Stroms nutzen kann, wird ein höherer Anteil der vor Ort erzeugten Energie direkt im Wärmesektor genutzt. Durch den Ausbau der dezentralen Wärmepumpen und der Fernwärme steigt der regenerative Anteil im Wärmesektor auf 58 %.

Auch im Effizienzszenario übersteigt die Stromerzeugung aus erneuerbaren Energien den Strombedarf deutlich. Knapp 70 % (9,35 TWh) des erzeugten Stroms aus Photovoltaik und Windkraft werden exportiert. Das theoretische Biomassepotenzial wird zu 100 % zur Bereitstellung von Regelenergie benötigt.

Lokal erzeugte Energie vor Ort nutzen: integriertes Energiesystemszenario

Das integrierte Energiesystemszenario berücksichtigt eine verstärkte Sektorenkopplung als zusätzlichen Baustein zum Effizienzszenario. Es basiert auf der Entwicklung der geplanten und im Bau befindlichen regenerativen Stromerzeugungsanlagen (gemäß Referenzszenario) sowie auf einem hohen Maß an Energieeffizienz wie im Energieeffizienzszenario, beinhaltet dabei zusätzlich eine verbesserte Sektorenkopplung und Integration zwischen den unterschiedlichen Erzeugungs- und Verbrauchssektoren. Dies bedeutet, dass in dem Szenario die Erzeugungskapazitäten aus den fluktuierenden erneuerbaren Energieanlagen (Windkraft und Photovoltaik) vorrangig vor Ort genutzt werden, anstatt überschüssige Erträge zu exportieren.

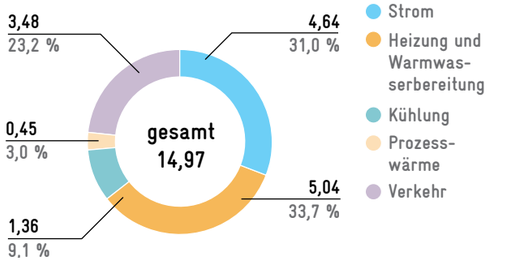
So werden beispielsweise Stromerträge, die nicht zeitgleich im Stromsektor genutzt werden können, für die Warmwasser-, Heizenergie- oder Prozessenergieerzeugung genutzt (Strom-Wärme-Kopplung) oder in den Mobilitätssektor verschoben (Strom-Verkehr-Kopplung). Auf diese Weise wird der Eigenversorgungsgrad der Stadt aus eigenen erneuerbaren Quellen deutlich erhöht. Gleichzeitig verringert sich die Abhängigkeit vom überregionalen Strom- und Energiemarkt.

Das integrierte Szenario kann auch als „Smart-City-Szenario“ beschrieben werden, da es eine intelligente Verbindung zwischen den Komponenten des Energiesystems herstellt. Diese betreffen auch städtebauliche Aspekte: Eine hohe Bebauungsdichte, Niedertemperaturnetze für die Wärme- und Kälteversorgung sowie gemischte Stadtquartiere der kurzen Wege sind diesbezüglich wichtige Komponenten dieses Szenarios.

Der Endenergiebedarf im Jahr 2030

Der Endenergiebedarf steigt im integrierten Energiesystemszenario marginal um 8 % gegenüber dem Effizienzszenario. Der Strombedarf erhöht sich durch dezentrale und zentrale Wärmepumpen für die Fernwärme. Der Strombedarf für die Klimatisierung und Kühlung der Gebäude bleibt konstant. Auch der Energiebedarf für Transport, Prozesswärme, Kühlung und Heizwärme ist identisch.

ENDENERGIEBEDARF INTEGRIERTES EFFIZIENZSZENARIO 2030 (in TWh/a)



Während beim Energieeffizienzszenario die Energieeinsparung klar im Vordergrund steht, liefern die Maßnahmen des integrierten Energiesystemszenarios die notwendigen Weichenstellungen, um eine hohe Deckungsrate aus lokalen fluktuierenden erneuerbaren Energiequellen zu erreichen.

Die Energieversorgung und -erzeugung im Jahr 2030

Das integrierte Energiesystemszenario stärkt die Kopplung zwischen dem Strom- und dem Wärmesektor und reduziert zudem den zusätzlichen Strombedarf für die Wärme- und Kälteerzeugung. Stromüberschüsse werden durch Strom-Wärme-Kopplungsmaßnahmen in der Industrie und dem produzierenden Gewerbe genutzt. Elektrische und thermische Speicher erhöhen den Eigenversorgungsgrad auf über 70 %.

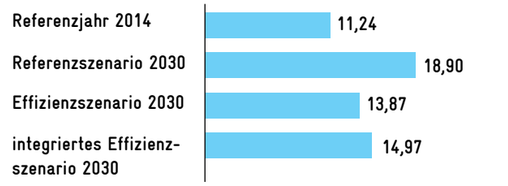
Mehr als zwei Drittel der urbanen Gebäude werden durch Fernkälte klimatisiert, für die Großwärmepumpen genutzt werden (wie auch für die Fernwärme), sodass sich die hohen Investitionskosten des Netzes und der Anlagentechnik auf eine höhere Laufzeit während der Heiz- und Kühlperioden verteilen.

Bei einem gleichbleibenden Photovoltaik- und Windkraftausbau erhöht sich der Anteil erneuerbarer Energien aufgrund von verbesserter Sektorenkopplung im Wärmesektor von 58 % im Effizienzszenario auf über 90 % im integrierten Energiesystemszenario. Das zeigt, dass bei einem ohnehin starken Ausbau der erneuerbaren Erzeugungskapazitäten vor allem in der Sektorenkopplung ein Schlüssel zur Steigerung der Deckungsraten mit erneuerbaren Energien liegt. Ein starker Ausbau der Fernwärme mit Großwärmepumpen nimmt Stromüberschüsse aus Photovoltaik und Windkraft auf und wandelt diese mit hoher Effizienz in Wärme um. Gleichzeitig wird über die Wärmepumpen ein großer Anteil von Umweltwärme in das System integriert. Strom-Wärme-Kopplungssysteme in der Industrie reduzieren den Biomassebedarf für Prozesswärme, die nicht über solarthermische Anlagen erzeugt werden kann (Temperaturen über 100 °C). Thermische Warmwasserspeicher erhöhen den Autarkiegrad und gleichen Überschüsse aus.

Die Power-to-Gas-Nutzung durch Elektrolyseanlagen und Gasspeicher könnte den Eigennutzungsgrad Xintais weiter erhöhen beziehungsweise Gas für den Schwerlasttransport

bereitstellen. Priorität sollte jedoch eine direkte und effiziente Stromnutzung haben, noch bevor diese zwischengespeichert und mehrfach umgewandelt werden muss, da hiermit immer erhebliche Effizienzverluste einhergehen.

ENDENERGIEBEDARF (in TWh/a)



4.2 DIE STROMVERSORGUNG IM INTEGRIERTEN ENERGIESYSTEMSZENARIO

Das integrierte Energiesystemszenario wird als das wirksamste Szenario in Bezug auf ein möglichst umfassendes erneuerbares Energiesystem für die Stadt Xintai eingestuft. Der folgende Abschnitt umreißt die Versorgungsstrukturen des integrierten Energiesystems.

Prägend für die künftige Stromversorgung Xintais sind der Zubau fluktuierender Erzeugung aus Windkraft und Photovoltaik sowie die verstärkte Integration von Stromspeichern und Lastmanagementsystemen in der Industrie.

Stromerzeugung

Im integrierten Energiesystemszenario werden keine Kohlekraftwerke mehr für die Stromerzeugung genutzt. Sie werden durch kleinere und flexible Blockheizkraftwerke mit Kraft-Wärme-Kopplungstechnik ersetzt. Durch die Verstromung von Biomasse decken Blockheizkraftwerke einen Strombedarf von circa 409 GWh ab (und rund 631 GWh Wärmebedarf). Das elektrische Potenzial der Biomasse Xintais wird vollständig ausgeschöpft.

Für den Photovoltaikausbau werden als zukünftiges Entwicklungsziel bis 2020 rund 3 GW und bis 2030 rund 8 GW zentrale und dezentrale Photovoltaikanlagen angenommen. Ein Ausbau über den Wert von 8 GW hinaus wird nicht veranschlagt. Insbesondere im Frühjahr und Herbst wird es jedoch Zeiträume geben, in denen wetter- und klimabedingt über mehrere Tage nur sehr wenig Solarenergie zur Verfügung steht. Die Erzeugungsengpässe in diesen Zeiträumen müssen durch andere Energieträger ausgeglichen werden.

Bisher sind in Xintai Windkraftanlagen mit einer Leistung von rund 199,5 MW im Bau oder geplant. Für 2020 sowie 2030 ist ein Wert von 1 GW Leistung vorgesehen.

Stromspeicher, -exporte und -netze

Im Vergleich zum Referenzszenario und zum Energieeffizienzszenario werden im integrierten Energieszenario vermehrt Stromspeicher genutzt. Sie speichern Stromüberschüsse aus der Photovoltaik, sodass diese in Zeiten ohne ausreichende Stromerzeugung genutzt werden können. Insgesamt werden im Jahr 2030 rund 50 GWh elektrische Speicher ins Energiesystem der Stadt Xintai integriert. Um den Eigenerzeugungsgrad Xintais zu erhöhen, wären allerdings Stromspeicher mit einer Kapazität von mehr als 2,5 TWh nötig. Diese sind nach derzeitigem Stand der Technik nicht wirtschaftlich.

INSTALLIERTE LEISTUNG (GW) UND JAHRESENERGIEERTRÄGE (TWh/a) DER SZENARIEN IM VERGLEICH ZU 2014

	2014		Referenzszenario 2030		Energieeffizienzszenario 2030		Integriertes Energiesystemszenario 2030	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Kohlekraftwerke (Strom)	0,54	2,34	0,54	5,07	–	–	–	–
Kohleheizkraftwerke	0,54	1,55	0,54	1,55	–	–	–	–
Windenergie	–	–	–	–	1,0	1,45	1,0	1,45
Photovoltaik	0,05	0,02	8,0	12,0	8,0	12,0	8,0	12,0
Biomasse (Strom)	0,03	0,09	–	0,41	–	0,41	–	0,41
Biomasse (Wärme)	0,03	0,47	–	0,82	–	0,82	–	0,82
Sonnenkollektoren	–	–	[8 km^2]	2,8	[8 km^2]	2,8	[8 km^2]	2,8
Geothermie oder Wärmepumpen	–	–	0,43	0,78	1,38	5,2	0,87	3,0
andere Wärme-/Kälteerzeuger	–	–	–	5,0	–	5,0	–	5,0
Stromspeicher	–	–	–	–	–	–	0,05	0,05
Wärmespeicher	–	–	–	–	–	–	0,1	0,1

Um die überschüssigen Photovoltaik-Strommengen nutzen zu können, ist ein starker Netzausbau erforderlich, sodass der Stromüberschuss ins überregionale Netz exportiert werden kann.

4.3 DIE WÄRME- UND KÄLTEVERSORGUNG IM INTEGRIERTEN ENERGIESYSTEMSZENARIO

Gegenüber dem Referenz- und Energieeffizienzszenario, in dem mehrheitlich dezentrale fossile Erzeugungsanlagen zum Einsatz kommen, wird im integrierten Szenario der größte Teil des Wärmebedarfs durch Fernwärme gedeckt. Auch für die Kühlung ist eine zunehmende Versorgung durch Fernkühlung vorgesehen.

Wärme- und Kälteerzeugung

Der größte Teil des Wärmebedarfs in Xintai wird durch Fernwärme gedeckt. Ein starker Ausbau der Fernwärme mit Großwärmepumpen nimmt Stromüberschüsse aus Photovoltaik und Windkraft auf und wandelt diese mit hoher Effizienz in Wärme um. Gleichzeitig wird über die Wärmepumpen ein großer Anteil von Umweltwärme in das System integriert. Großwärmepumpen decken mit rund 3.000 GWh 50 % des künftigen Wärmebedarfs. Die durchschnittliche Jahresarbeitszahl (JAZ) wird mit 4,3 angenommen. Dies bedeutet, dass mit jeder verbrauchten Kilowattstunde Strom über 4 kWh Wärme erzeugt werden.

Dezentrale Wärmepumpen haben einen Anteil von rund 35 % am Wärmebedarf und sind gegenüber dem Referenzszenario zu hohen Anteilen (70 %) als Sole-Wasser-Wärmepumpen mit einer durchschnittlichen Jahresarbeitszahl von 4,38 ausgeführt. Dezentrale und Großwärmepumpen übernehmen damit zusammen mehr als 80 % der Gesamtwärmeerzeugung. Ein Großteil der Wärmebereitstellung wird somit aus der Umwelt bezogen.

Darüber hinaus werden rund 4 % der Niedertemperaturwärme für Warmwasser und Heizwärme mittels Solarthermie gedeckt. Insgesamt werden dafür Kollektorflächen benötigt, die rund 55 % des Wärmebedarfs und damit rund 2,8 TWh abdecken. Nach den Potenzialberechnungen sind für Wohnungen mit Haushalten mit geringem Einkommen insgesamt rund 8 km² Kollektorfläche geplant, die 2,8 TWh für Brauchwassererwärmung bereitstellen.

Die hohen Außentemperaturen in Xintai führen im Referenzszenario zu einem hohen Anteil einfacher elektrischer Splitgeräte zur Raumkühlung, da davon ausgegangen wird, dass mit steigender Urbanisierung auch der Komfortanspruch im Sommer steigt. Dieser zusätzliche Stromverbrauch kann zwar durch den Zubau von Photovoltaik gedeckt werden, eine Kopplung mit dem Fernwärmeausbau als Fernkühlung (in einem 4-Leiter-System mit Vor- und Rücklauf Wärme sowie Vor- und Rücklauf Kälte) stellt jedoch ein deutlich effizienteres System dar und kann die dezentralen (wohnungsweisen) strombetriebenen Systeme durch eine zentrale wasserbasierte Lösung ersetzen.

Die wasserbasierte Versorgung mit Fernkälte reduziert die Stromspitzenlast im Sommer und ermöglicht die Einbindung von Großwärmepumpen zur Kälteerzeugung. Der Anteil der Fernkühlung am Klimatisierungsbedarf liegt bei rund 70 % der urbanen Haushalte. Nur 30 % des Kühlbedarfs werden durch elektrisch betriebene Splitgeräte gedeckt.

Biomasse wird vor allem für die Prozesswärmeerzeugung eingesetzt, da mit ihr Temperaturniveaus erreicht werden können, die Solarthermie und Großwärmepumpen nicht mehr bereitstellen können (> 100 °C). Für die Prozesswärme werden 210 GWh des thermischen Biomassepotenzials genutzt.

Wärmespeicher und Wärmenetze

Aggregierte thermische Speicher (großvolumige Warmwasserspeicher, Kies- oder Erdspeicher) mit einer Gesamtkapazität von 100 GWh dienen als Tagesspeicher.

Durch die Kopplung von Fernwärme und Fernkühlung werden die hohen Anfangsinvestitionskosten auf einen wesentlich längeren Betrieb umgelegt. Dadurch sind niedrigere Wärme- beziehungsweise Kältegestehungskosten möglich.

4.4 DIE ENERGIEVERSORGUNG DES VERKEHRSSEKTORS IM INTEGRIERTEN ENERGIESYSTEMSZENARIO

Für Xintai wird für das Jahr 2030 ein Anteil von 50 % elektrisch betriebener Fahrzeuge als realisierbar angesehen. Die anderen 50 % der Fahrzeuge werden mit herkömmlichen Ottomotoren betrieben.

Durch den besseren Wirkungsgrad der Elektromotoren wird, bei gleicher Pkw-Anzahl, wesentlich weniger Endenergie benötigt. Die Elektrofahrzeuge benötigen rund 33 % der Gesamtenergie des Verkehrssektors, die fossil betriebenen rund 66 %.

5. MASSNAHMEN ZUR UMSETZUNG DES ENERGIEKONZEPTES FÜR XINTAI

Für die Umsetzung des Energiekonzeptes für Dunhuang wurden 31 Maßnahmen mit unterschiedlicher Priorität entwickelt. Eine Übersicht aller Maßnahmen gibt die folgende Tabelle. Die Eckdaten der wichtigsten Maßnahmen werden im zweiten Abschnitt skizziert.

5.1 ÜBERSICHT ALLER MASSNAHMEN

	Maßnahmen	Energiesektor	Investitionskosten	Direkte Einsparung im Energiesektor	Lokale Wertschöpfung
hohe Priorität	Effizienzstandards für Rechenzentren	Strom	hoch	hoch	hoch
	Abwrackprämie für ineffiziente Motoren in der Industrie	Strom	mittel	hoch	hoch
	Niedrigstenergiestandard für Neubauten einführen	Wärme	gering	hoch	hoch
	Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten	Wärme	mittel	hoch	hoch
	verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen	Verkehr	mittel	hoch	hoch
	Aufbau von Carsharing-Stationen, Umsteigeplätzen und Multi-Mobilitätsstationen	Verkehr	mittel	hoch	hoch
	Schulungen für Energieberater und Know-how-Transfer	Strom	mittel	gering	hoch
	Förderung und Standardisierung hocheffizienter LED-Beleuchtung im GHD-Sektor	Strom	gering	mittel	gering
	Förderung von Energiemanagementsystemen	Strom	mittel	mittel	mittel
	Ausbau und Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED	Strom	mittel	gering	mittel
	Potenzialstudie zur Nutzung industrieller Abwärme	Wärme	gering	mittel	hoch
	GIS Energy Platform	Wärme	gering	gering	mittel
	Umbau und Ausbau der Fernwärmeversorgung	Wärme	hoch	hoch	hoch
	Festlegung eines Mindestanteils aus erneuerbaren Energien und Abfall in der Fernwärmeversorgung	Wärme	gering	hoch	mittel
	Einsatz kalter Inselnetze	Wärme	hoch	hoch	mittel
	Restriktionsmaßnahmen, Tempo-30-Zonen und Fußgängerverkehr fördern	Verkehr	gering	mittel	hoch
	Aufbau/Ausbau von Fahrradwegen	Verkehr	hoch	hoch	mittel
	Aufbau eines Renewable Energy and Environmental Protection Technology Center	Energie	mittel	gering	mittel
	Speicherausbau	Integration	hoch	hoch	hoch
	Einsatz von Demand-Response-Maßnahmen	Integration	mittel	hoch	hoch
	Entwicklung einer Öko-Siedlung	Integration	hoch	hoch	hoch
mittlere Priorität	Energieeffizienz-Netzwerke in der Industrie aufbauen	Strom	mittel	hoch	mittel
	Demonstrationsgebäude Plusenergiehaus	Wärme	gering	mittel	mittel
	Förderung der energetischen Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden	Wärme	hoch	mittel	hoch
	Integration erneuerbarer Energien ins Sekundärwärmenetz	Wärme	hoch	hoch	mittel
	Umstellung der Busflotte auf elektrische Antriebe	Verkehr	hoch	hoch	mittel
	Einführung von Elektroautos durch Quoten (Taxi-Branche)	Verkehr	gering	mittel	mittel
	Photovoltaiksysteme für Gewächshäuser	Integration	mittel	gering	mittel
	Power-to-Heat in der Lebensmittelindustrie durch Großwärmepumpen	Integration	mittel	mittel	mittel
niedrige Priorität	sichere Fahrrad- und Pedelec-Stellplätze	Verkehr	mittel	mittel	gering
	Förderung von Fahrradstationen an ÖPNV-Haltestellen	Verkehr	hoch	hoch	mittel

5.2 DIE 6 WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

Im Folgenden werden die Eckpunkte der 6 wichtigsten Maßnahmen skizziert. Betrachtet werden dabei folgende Aspekte:

- Energiesektor
- Ausgangspunkt/Motiv
- Emissions-/Umweltauswirkung
- Kosten/Wirtschaftlichkeit
- Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung
- konkreter Projektvorschlag

Effizienz in der Informations- und Kommunikationstechnik (IKT) erhöhen durch Vorgabe von Effizienzstandards bei der Auswahl von Rechenclustern und Datenzentren

Stromsektor	
• steigender Anteil der IKT am Stromverbrauch in China durch zunehmenden Einsatz von Cloud-Lösungen • Xintai zu einem Vorreiter von Green IT machen	
Reduktion des IKT-Anteils am künftigen Stromverbrauch von 15 % (560 GWh/a) auf 7 % (280 GWh/a)	
keine bis geringe Kosten	

Abwrackprämie für ineffiziente Motoren in der Industrie sowie Informationskampagne zu Stromverbräuchen von Motoren, um Betriebe zum Einsatz von effizienteren Motoren zu bewegen

Stromsektor	
• motorenbetriebene Verbraucher (Ventilatoren, Pumpen etc.) sind in der Industrie Hauptstromverbraucher • Anteil der Motoren am gesamten industriellen Stromverbrauch: über 70 %	
Einsparungen im Stromsektor von 15 % (bei konsequenter Umsetzung und 100-%-Durchdringung hocheffizienter Motoren bis 2030)	
• sehr kurze Amortisationszeiten • Erhöhung der Produktivität durch geringere Energiekosten	
Start einer ersten Kampagne im Jahr 2018, Laufzeit bis 2020, dann Evaluation der Maßnahme	

Einführung eines Neubaustandards auf Niedrigstenergieniveau von 40 kWh/m² a für alle Neubauten ab 2020

Wärmesektor	
• schneller und großer Zubau an neuer Wohnfläche in den wachsenden urbanen Gebieten Xintais • große Bedeutung des Neubausektors für den Energiebedarf	
Senkung des Heizwärmebedarfs im Neubausektor um 30 %	
höhere Investitionskosten für Neubauten, im Gegenzug geringere Betriebskosten	

Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien zur Wärmeversorgung bei Neubauten

Wärmesektor	
Erzeugungstechnologien zur Versorgung in Neubauten haben langfristigen Einfluss auf Energiebedarf	
nach 2020 keine zusätzlichen Emissionen für die Wärmeversorgung im Neubausektor	
Investitionskosten für Regenerativ-Versorgung ähnlich der Kosten für Referenzsysteme	
• Zunahme der wirtschaftlichen Tätigkeit und • Zuwanderung von „grünen" Unternehmen	
• Reduzierung des wirtschaftlichen Risikos von • Investitionen durch Forderungen nach Mindestzielen	

Verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen durch Stärkung von innenstadtnahen Stadtquartieren mit kompakter Siedlungsstruktur sowie durch direkte Restriktionsmaßnahmen nach dem „Push and pull"-Prinzip[10]

Verkehrssektor	
Minimierung des notwendigen Verkehrsaufwandes, um verkehrsbedingten Energiebedarf und Emissionen zu begrenzen	
durch veränderte Stadtstruktur indirekte Beeinflussung der Emissionen oder Feinstaubbelastungen durch Pkw-Verkehr	
hohe Wirtschaftlichkeit, da eine verkehrsarme Stadtplanung den Bau von immer breiteren Straßen überflüssig macht	
geringer Einfluss auf die lokale Wertschöpfung	

10 „Push and pull" steht in der Verkehrspolitik für eine Kombination aus Anreizen und Angeboten für ein erwünschtes energiearmes Mobilitätsverhalten und eine deutliche restriktive Begrenzung von unerwünschtem Mobilitätsverhalten.

Förderung der Multi-Mobilität und der entsprechenden Schnittstellen, Aufbau von Carsharing-Stationen, Umsteigeplätzen und Multi-Mobilitätsstationen

Verkehrssektor	
reibungsloser Wechsel zwischen verschiedenen Transportmitteln ermöglichen und Umsteigezeiten reduzieren, um Akzeptanz neuer, innovativer Transportmittel zu erhöhen und Attraktivität von vielfältigen Mobilitätsangeboten zu steigern	
• 1 Carsharing-Auto ersetzt 7 private Pkw • geringerer Platzverbrauch für Parkplätze • Reduzierung der Feinstaubemissionen durch eine qualitativ bessere Fahrzeugflotte	
bessere Auslastung von Bussen und Bahnen, die wirtschaftlicher betrieben werden können	
Entstehung neuer Unternehmen und Arbeitsplätze durch neue Dienstleistungen (zum Beispiel Carsharing)	
• Fahrradstellplätze an Umsteigeplätzen an Bahnhöfen und zentralen ÖPNV-Haltestellen • Carsharing-Stationen an Plätzen und Umsteigeplätzen zu anderen Transportmitteln wie Bahnhöfe und Busstationen • Pricing und Ticketing: integrierte Informations-, Zugangs- und Bezahlsysteme für alle Transportmittel, inklusive neuer Carsharing-Systeme in der Stadt	

XINTAI: VOM INDUSTRIELLEN BERGBAUGEBIET ZUR EMISSIONSARMEN WIRTSCHAFTSREGION

XINTAI 2030*

Bevölkerung: 1,5 Mio. (2014: 1,4 Mio.)

Erneuerbare-Energien-Anteil am Endenergiebedarf (Eigenversorgungsgrad**): 70 %

STROMSEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 4,64 TWh

installierte Leistung: 9,46 GW

jährliche Stromerzeugung: 13,86 TWh

jährliche Stromimporte: 0 TWh

jährliche Stromexporte: 1,77 TWh

Erneuerbare-Energien-Anteil an der Stromerzeugung: 100 %

WÄRMESEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 5,04 TWh

installierte Leistung: 1,79 GW

jährliche Wärme-/Kälteerzeugung: 11,62 TWh

jährliche gespeicherte Wärmemenge: 0,10 TWh

Erneuerbare-Energien-Anteil an der Wärmeerzeugung: › 90 %

VERKEHRSSEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 3,48 TWh

Anteil elektrisch betriebener Fahrzeuge: 50 %

Anteil der mit herkömmlichen Otto-Motoren betriebenen Fahrzeugen: 50 %

Anteil der Elektrofahrzeuge am Energieverbrauch im Verkehrssektor: 33 %

DIE 6 WICHTIGSTEN MAßNAHMEN

Effizienzstandards für Rechenzentren

Abwrackprämie für ineffiziente Motoren in der Industrie

Niedrigstenergiestandard für Neubauten einführen

Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten

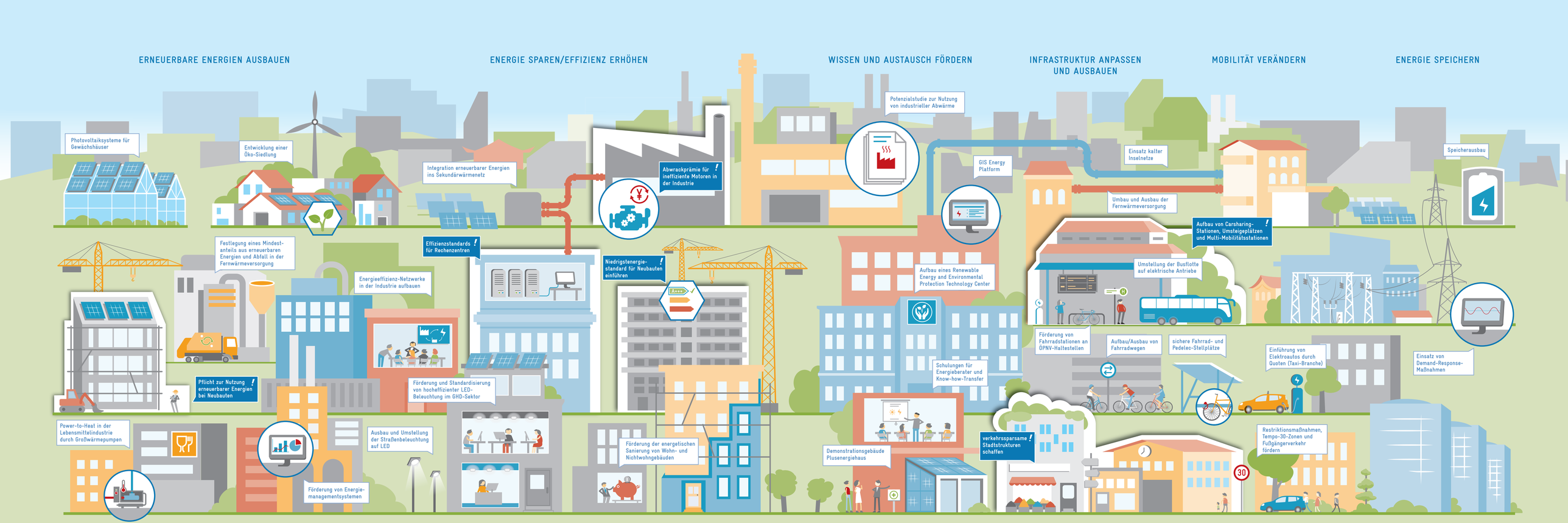
Verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen

Aufbau von Carsharing-Stationen, Umsteigeplätzen und Multi-Mobilitätsstationen

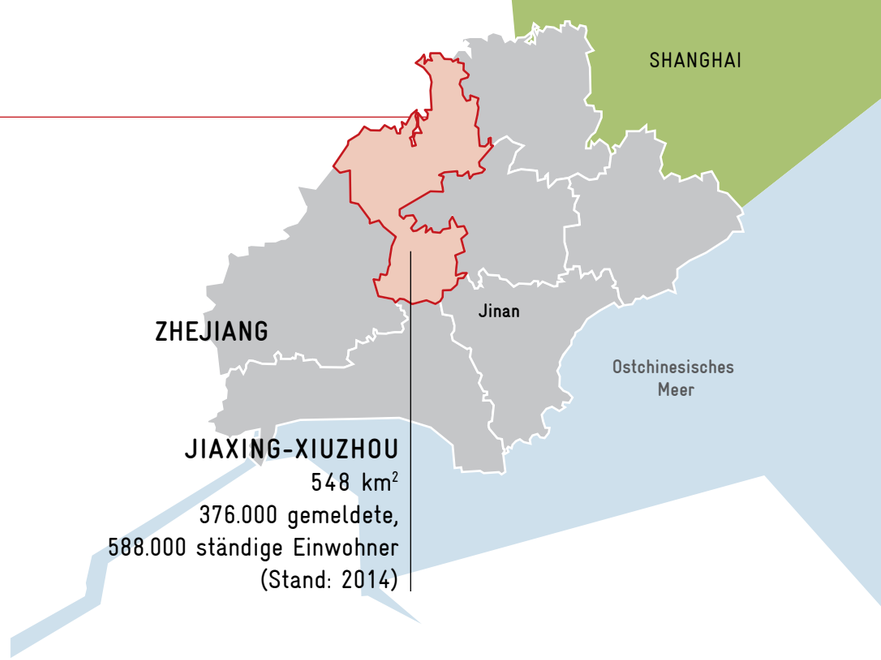
---

* auf Grundlage des integrierten Energiesystemszenarios

** Der Eigenversorgungsgrad sagt aus, an wie vielen Stunden des Jahres der Energiebedarf aus lokalen Erneuerbare-Energien-Anlagen gedeckt werden kann


ERNEUERBARE ENERGIEN AUSBAUEN
ENERGIE SPAREN/EFFIZIENZ ERHÖHEN
WISSEN UND AUSTAUSCH FÖRDERN
INFRASTRUKTUR ANPASSEN UND AUSBAUEN
MOBILITÄT VERÄNDERN
ENERGIE SPEICHERN
Photovoltaiksysteme für Gewächshäuser
Entwicklung einer Öko-Siedlung
Integration erneuerbarer Energien ins Sekundärwärmenetz
Abwrackprämie für ineffiziente Motoren in der Industrie
Potenzialstudie zur Nutzung von industrieller Abwärme
GIS Energy Platform
Einsatz kalter Inselnetze
Speicherausbau
Umbau und Ausbau der Fernwärmeversorgung
Festlegung eines Mindestanteils aus erneuerbaren Energien und Abfall in der Fernwärmeversorgung
Effizienzstandards für Rechenzentren
Niedrigstenergiestandard für Neubauten einführen
Energieeffizienz-Netzwerke in der Industrie aufbauen
Aufbau eines Renewable Energy and Environmental Protection Technology Center
Aufbau von Carsharing-Stationen, Umsteigeplätzen und Multi-Mobilitätsstationen
Umstellung der Busflotte auf elektrische Antriebe
Förderung von Fahrradstationen an ÖPNV-Haltestellen
Aufbau/Ausbau von Fahrradwegen
sichere Fahrrad- und Pedelec-Stellplätze
Einführung von Elektroautos durch Quoten (Taxi-Branche)
Einsatz von Demand-Response-Maßnahmen
Pflicht zur Nutzung erneuerbarer Energien bei Neubauten
Förderung und Standardisierung von hocheffizienter LED-Beleuchtung im GHD-Sektor
Schulungen für Energieberater und Know-how-Transfer
Power-to-Heat in der Lebensmittelindustrie durch Großwärmepumpen
Ausbau und Umstellung der Straßenbeleuchtung auf LED
Förderung der energetischen Sanierung von Wohn- und Nichtwohngebäuden
Demonstrationsgebäude Plusenergiehaus
verkehrssparsame Stadtstrukturen schaffen
Restriktionsmaßnahmen, Tempo-30-Zonen und Fußgängerverkehr fördern
Förderung von Energiemanagementsystemen
30

DAS ENERGIEKONZEPT FÜR JIAXING-XIUZHOU



1. JIAXING-XIUZHOU – EINE PROSPERIERENDE INDUSTRIESTADT

Xiuzhou ist einer der beiden Distrikte der bezirksfreien chinesischen Stadt Jiaxing in der Provinz Zhejiang. Neben den beiden Distrikten Xiuzhou und Nanhu umfasst Jiaxing noch zwei Kreise und drei Städte.

Xiuzhou besitzt sowohl urbane als auch große landwirtschaftlich genutzte Gebiete. Der Distrikt ist ein wichtiger Industriestandort, unter anderem der Textilindustrie. Der Großteil seiner Fläche (89 %)[11] erstreckt sich auf die ländlichen Gemeinden, der restliche Teil auf Wohnbezirke mit einer hohen Einwohnerdichte (3.294 EW/km²). In den ländlichen Gemeinden liegt die Einwohnerdichte bei nur 798 EW/km².

Die Stadt ist repräsentativ für viele weitere prosperierende Industriestädte an der Ostküste Chinas und ist gekennzeichnet durch einen hohen Industrialisierungs- und Entwicklungsgrad. Das Bruttoinlandsprodukt von Xiuzhou betrug im Jahr 2013 35,6 Mrd. RMB (etwa 4,6 Mrd. EUR). Mit 54,0 % und 41,1 % haben die Sektoren Industrie beziehungsweise Gewerbe, Handel, Dienstleistung den größten Anteil an der Wirtschaft Xiuzhous. Die Landwirtschaft hat lediglich einen Anteil von 4,9 %.

Xiuzhous Klima ist geprägt durch kalte Winter und heiße Sommer. Es lassen sich vier Jahreszeiten unterscheiden. Für den Sommer sind aufgrund des ostasiatischen Monsuns reiche Niederschläge charakteristisch. Trotz der niedrigen Temperaturen im Winter liegt Xiuzhou südlich der offiziellen Heizgrenze, das heißt, in der Stadt gibt es keine Infrastruktur für zentrale Wärmeversorgung.

KLIMADATEN XIUZHOUS

durchschnittliche Regenmenge pro Jahr	1.103 mm
durchschnittliche Regenmenge im trockensten Monat (Oktober)	37 mm
durchschnittliche Regenmenge im feuchtesten Monat (Juni)	170 mm
jährliche Durchschnittstemperatur	16,2 °C
monatliche durchschnittliche Höchsttemperatur (im Juli)	28,0 °C
monatliche durchschnittliche niedrigste Temperatur (im Januar)	4,4 °C
höchste Temperatur	32 °C
niedrigste Temperatur	um 0 °C

11 Stand 2005, neuere Daten nicht verfügbar

2. DIE ENERGETISCHE AUSGANGSSITUATION DES STADTBEZIRKS

Im aktuellen Energiesystem Xiuzhous spielt die Abhängigkeit von Kohle-, Strom- und Treibstoffimporten eine wichtige Rolle. Außerdem hat die Industrie eine große Bedeutung für das Energiesystem. Die Textilindustrie ist anteilig der größte Energieverbraucher und bezieht 74 % des Prozesswärmebedarfs beziehungsweise 40 % des Strombedarfs aller Industriesektoren.

2.1 IST-SITUATION: DER ENERGIEBEDARF

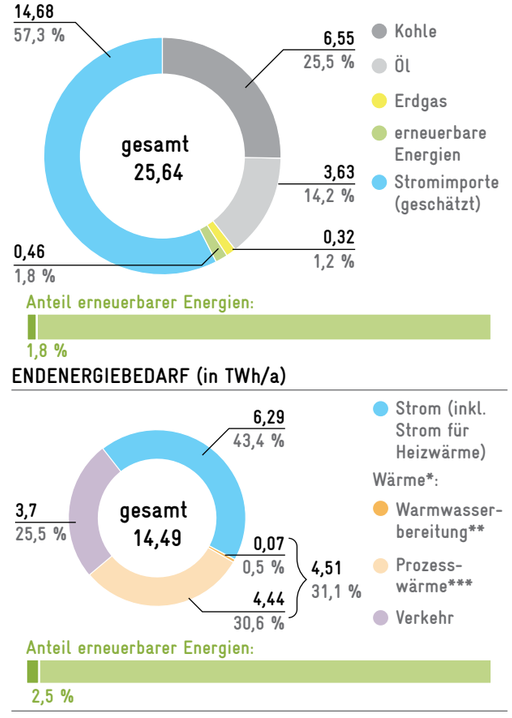
Der Stromverbrauch Xiuzhous entfällt zum größten Teil auf die Industrie. Der Gesamtstrombedarf der Stadt stieg von 4,5 TWh im Jahr 2010 auf 6,3 TWh im Jahr 2014, wobei die Zuwachsrate mit jedem Jahr geringer wurde. Der Anteil der Industrie am Gesamtstrombedarf lag in diesem Zeitraum gleichbleibend hoch bei 87,0 % (2010) beziehungsweise 85,9 % (2014). Der größte industrielle Verbraucher ist die Textilindustrie mit einem Anteil von 40 % am Gesamtstromverbrauch. Erst mit einigem Abstand folgen andere Industriezweige wie zum Beispiel die Herstellung von Chemiefasern (8,5 %) oder von Nicht-Metall-Produkten (7,9 %).

Der Strombedarf für den Sektor Gewerbe, Handel, Dienstleistungen (7 %) ist ungefähr genauso groß wie die Summe des Strombedarfs der städtischen und ländlichen Haushalte (6 %). Im Sommer verzeichnet Xiuzhou erkennbare Bedarfsspitzen, die ein Hinweis auf elektrisch betriebene Kühlgeräte sind. Die Landwirtschaft hat im Vergleich einen sehr geringen Anteil am Strombedarf (1 %). Auch der Strombedarf der öffentlichen Hand ist mit 1,7 % von untergeordneter Bedeutung.

In Xiuzhou besteht sowohl Heizbedarf im Winter als auch Kühlbedarf im Sommer, da das Klima von kalten Wintern und heißen Sommern geprägt ist. Über das Jahr

DER ENERGIEBEDARF XIUZHOUS IM JAHR 2014

Primär- und Endenergiebedarf



* Heizung überwiegend strombasiert, genauer Wert für Heizwärmebedarf unbekannt
** entspricht Erdgasbedarf, der auch zum Kochen dient; Warmwasserbereitstellung teilweise auch strombasiert
*** enthält auch Erdgasbedarf der Industrie

gesehen übersteigt der Heizbedarf (0,43 TWh) jedoch den Kühlbedarf (0,23 TWh). Allerdings tritt der Kühlbedarf konzentrierter in der deutlich kürzeren Hitzeperiode auf und erfordert daher höhere Spitzenleistungen.

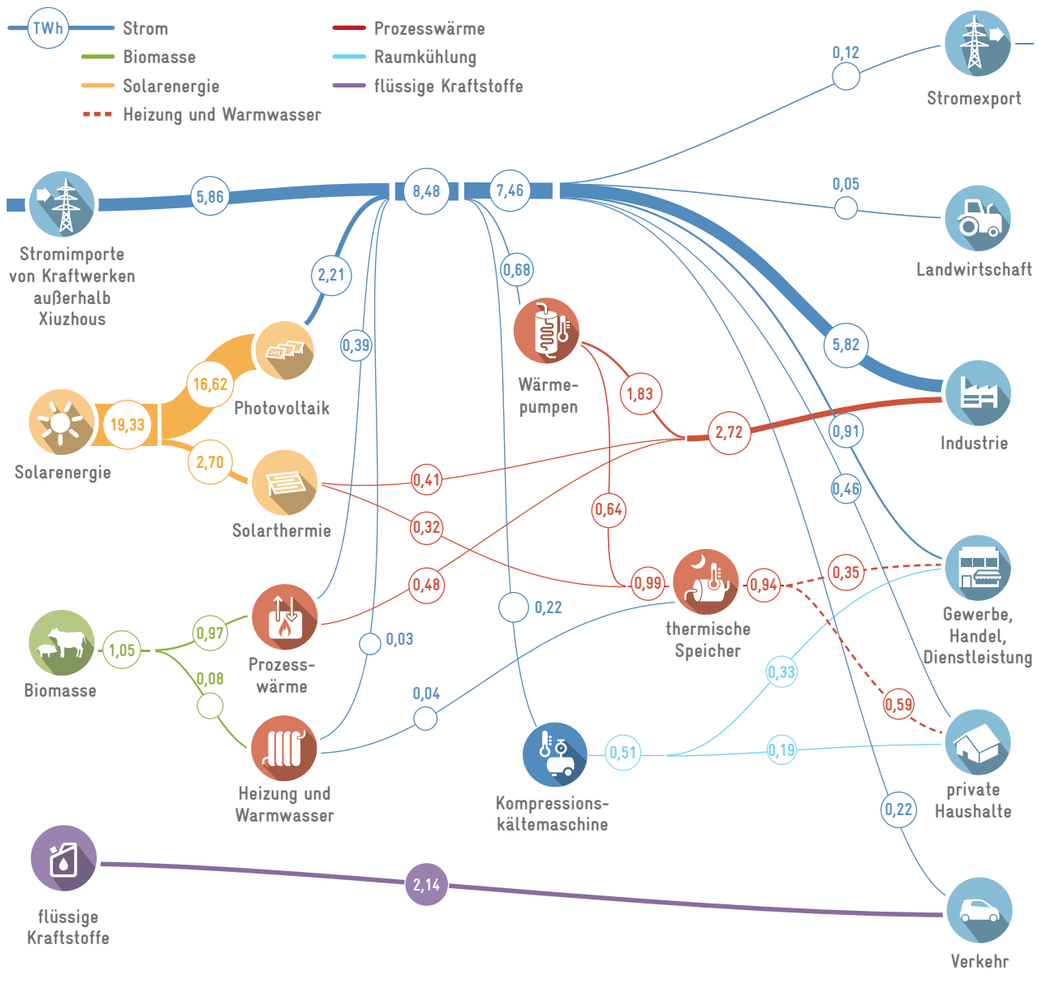
Insgesamt wird jedoch auch der thermische Energiebedarf von der Industrie dominiert, die im Jahr 2014 2,6 TWh Prozesswärme benötigte. Hier sticht wieder vor allem die Textilindustrie hervor, die alleine für etwa 74 % des Prozesswärmebedarfs verantwortlich ist.

Ein großer Teil des Wärme- und Kältebedarfs für Wohngebäude ist bereits im Strombedarf enthalten. Denn in Xiuzhou gibt es keine zentrale Wärmeversorgung. Stattdessen werden dezentrale Heizgeräte eingesetzt, die häufig elektrisch betrieben werden. Die Warmwasserbereitung erfolgt ebenfalls häufig elektrisch. Es ist davon auszugehen, dass der Bedarf an Raumheizung und Klimatisierung mit steigendem Wohlstand deutlich zunehmen wird.

Eine besondere Rolle bei der Energieversorgung in Xiuzhou spielt das Erdgas. Wiederum den größten Erdgasbedarf mit einem Anteil von rund 74 % im Jahr 2014 hat die Industrie. Haushalte und öffentliche Gebäude liegen mit 14 % beziehungsweise 12 % etwa gleichauf. Erdgas wird in den Haushalten und öffentlichen Gebäuden nur zu weniger als 0,1 % zum Heizen verwendet, sondern vor allem zum Kochen und teilweise auch zur Warmwasserbereitung. Es lässt sich dennoch ein leicht saisonaler Verlauf bei Haushalten und öffentlichen Gebäuden erkennen, da der Erdgasbedarf von April bis November um rund ein Viertel

DIE ENERGIEFLÜSSE IN XIUZHOU IM JAHR 2030

gemäß dem Szenario EE-Potenzial 80 %



© Bezirk Xiuzhou der Stadt Jiaxing

Simulation Dachflächen- und Fassadensolaranlagen im Bezirk Xiuzhou der Stadt Jiaxing

zurückgeht. Insgesamt entspricht die 2014 abgesetzte Erdgasmenge einem Primärenergiebedarf von 0,27 TWh.

Der Energiebedarf für den lokalen Verkehr setzt sich aus dem Energiebedarf für private Fahrzeuge, Nutzfahrzeuge, Taxis und für öffentliche Verkehrsmittel wie Busse und Schienenfahrzeuge zusammen. In Xiuzhou besteht der öffentliche Personennahverkehr bisher ausschließlich aus Omnibussen. Nahverkehrszüge, Straßen- und U-Bahnen existieren nicht.

Die privaten Pkw haben mit 91 % (346 Mio. l Kraftstoff = 3,34 TWh) den größten Anteil am Energiebedarf des Verkehrssektors. Omnibusse und Lieferwagen folgen an zweiter Stelle mit Anteilen von jeweils circa 4 % (0,15 TWh beziehungsweise 0,13 TWh). Taxis und Schienenverkehr spielen mit ihrem jeweiligen Anteil von 1 % beziehungsweise weniger als 1 % praktisch keine Rolle. Der Strombedarf für den elektrischen Teil des Verkehrs ist mit 0,22 % (0,014 TWh/a) des gesamten Strombedarfs verschwindend gering. Die Zahl der motorisierten Zwei- und Dreiräder und deren Energieverbrauch sind nicht bekannt.

2.2 IST-SITUATION: DIE ENERGIEVERSORGUNG

Die aktuelle Energieversorgung Xiuzhous erfolgt größtenteils auf Basis von fossilen Energieträgern. Der Anteil der erneuerbaren Energien an der Energieerzeugung beträgt im Wärmesektor 23,9 % und 26,5 % im Stromsektor. Strom wird zudem überwiegend importiert.

Stromversorgung vorwiegend durch Kohle- und Nuklearkraftwerke in Jiaxing

Die Stromversorgung Xiuzhous erfolgte im Bezugsjahr 2014 überwiegend (zu 83 %) durch große Kohle- und Nuklearkraftwerke, die außerhalb der Gebietsgrenzen im restlichen Stadtgebiet von Jiaxing liegen. Aus Sicht Xiuzhous handelt es sich also um Stromimporte.

Innerhalb der Grenzen von Xiuzhou gibt es drei kohlegefeuerte Industrieheizkraftwerke, zwei Industriekraftwerke, die Abwärme zur Stromerzeugung einsetzen, und ein Heizkraftwerk, das Stroh, Schlämme aus der Textilherstellung und Kohle als Brennstoffe nutzt. Für alle konventionellen Kraftwerke in Xiuzhou gilt, dass die elektrischen Wirkungsgrade mit Werten zwischen 5 und 20 % sehr niedrig sind und nicht dem Stand der Technik entsprechen. Nur bei zwei Kraftwerken liegen immerhin die Gesamtwirkungsgrade in einem vertretbaren bis guten Bereich.

Drei größere Photovoltaikkraftwerke waren in Xiuzhou zum Zeitpunkt der Berichterstellung in Betrieb. 60 MW Leistung sind als Aufdachanlagen in einem Photovoltaikindustriepark installiert, wovon im Bezugsjahr etwa 45 MW zur Verfügung standen, die einen Stromertrag von etwa 41 GWh/a lieferten. Zwei andere Projekte haben jeweils eine installierte Leistung von 0,4 MW beziehungsweise 30 MW. Da die Inbetriebnahme der beiden Anlagen erst im Jahr 2015 stattfand, werden deren Erträge in den Bilanzen des Bezugsjahres 2014 nicht berücksichtigt. Neben den genannten Anlagen waren Ende 2013 bereits 2,92 MW Photovoltaikleistung in kleineren Anlagen installiert. Der Stromertrag betrug rund 2,9 GWh/a.

Wind- und Wasserkraftanlagen gibt es in Xiuzhou für die Stromversorgung nicht. Zwar gibt es im übrigen Stadtgebiet von Jiaxing zwei Windparks, deren installierte Leistung ist allerdings unbekannt. Auch Stromspeicher werden in Xiuzhou derzeit nicht genutzt.

Überwiegend dezentrale Wärme- und Kälteversorgung

In der Klimazone, in der sich Xiuzhou befindet, ist keine zentrale Raumheizungsversorgung vorgesehen. Dies gilt sowohl für eine gebäudeübergreifende Versorgung über Wärmenetze als auch für gebäudeeigene Zentralheizungen. Deshalb findet bei niedrigen Temperaturen häufig eine Raumheizung über elektrische Klimaanlagen statt, die dafür im Umkehrbetrieb gefahren werden. Üblicherweise wird je Raum eine eigene Klimaanlage eingesetzt, sodass pro Wohnung 1 bis 3 Klimaanlagen installiert sind. Zentrale Klimaanlagen sind nur in Hotels oder Kongresshallen üblich. Zusätzlich oder alternativ werden auch elektrische Heizgeräte und Heizlüfter eingesetzt. Erdgasbetriebene Etagenheizungen werden ebenfalls verwendet.

Im Sommer werden, sobald die Raumtemperatur 25 °C überschreitet (etwa ab Juni), die meisten Räume der Wohngebäude auf 25 bis 20 °C gekühlt. Als Heizgrenze werden 10 °C angenommen. In Zukunft werden diese Heiz- und Kühlgrenzen voraussichtlich steigen beziehungsweise sinken, weil der Komfortanspruch sicherlich steigen wird.

Zur Deckung des Wärmebedarfs kommen außer Strom auch Erdgas, Kohle, Biomasse und Solarthermie zum Einsatz. Abgesehen vom Erdgas, von dem 2014 insgesamt 0,27 TWh verbraucht wurden, liegen die genauen Anteile der einzelnen Energieträger allerdings nicht vor.

Für die Warmwasserbereitstellung werden vielfach Solarthermieanlagen genutzt. In einigen Gemeinden erzeugen 85 % der Familien Warmwasser damit. Ende 2013 betrug die Kollektorfläche 31,6 ha, was einem Energieertrag von rund 0,31 TWh/a entspricht.

In Xiuzhou besteht mit dem Yunre-Erdwärmebrunnen Nr. 1 eine technisch genutzte heiße Quelle. Aus dem Brunnen werden aktuell pro Tag 2.592 m³ heißes Wasser mit einer Temperatur von 65 °C gefördert und zur Gebäudeheizung genutzt. Durch Abkühlung des geförderten Quellwassers um 40 °C lassen sich rund 0,022 TWh Heizenergie pro Jahr bereitstellen, mit denen 0,12 km² Gebäudenutzfläche beheizt werden können. Dies entspricht circa 0,2 % der etwa 57 km² Nutzfläche in öffentlichen und Wohngebäuden in Xiuzhou. Perspektivisch lässt sich die Entnahmemenge auf 5.018 m³ pro Tag steigern.

Haushaltsabfälle werden in Xiuzhou schon heute zu über 90 % gesammelt, abgefahren und in einer zentralen Müllverbrennungsanlage verbrannt. Im Jahr 2014 resultierte daraus ein Jahresenergieertrag von rund 0,4 TWh. Ein Pilotprojekt widmet sich zudem der energetischen Entsorgung und Verwertung von Küchenabfällen, von denen in ganz Jiaxing täglich etwa 500 t anfallen. In die Bilanz des Bezugsjahres 2014 fließen die Ergebnisse dieses Pilotprojektes noch nicht ein.

Verkehr fast ausschließlich fossil angetrieben

Der Pkw-Bestand in Xiuzhou umfasste 2014 etwa 210.000 Pkw. Es gab 336 Taxis, 381 Omnibusse und 4.914 Lieferwagen. Außerdem konnten an insgesamt 36 Stationen öffentliche Fahrräder ausgeliehen werden. Die Zahl der motorisierten Zwei- und Dreiräder ist nicht bekannt.

Da in Xiuzhou kein schienengebundener Nahverkehr existiert, wird Mobilität nahezu ausschließlich über die fossilen Energieträger Benzin, Diesel und (zu geringen Teilen) Erdgas bereitgestellt. Die Kraftstoffe werden zum allergrößten Teil importiert. Der Strombedarf für den elektrischen Teil des Verkehrs wird durch die oben genannten Kraftwerke gedeckt.

3. POTENZIALE FÜR DEN AUSBAU VON ERNEUERBAREN ENERGIEN

Jiaxing-Xiuzhou kann eigenständig keine vollständige Deckung des Energiebedarfs durch lokale erneuerbare Energien erzielen. Selbst bei einer nahezu 100%igen Ausnutzung vorhandener Potenziale betrüge der Anteil erneuerbarer Energien am gesamten Energiebedarf nur etwa 58 %. Zur Erhöhung des Anteils wäre der Import von erneuerbaren Energien aus anderen Regionen erforderlich. Eine zu 100 % auf lokale erneuerbare Energien basierende Energieversorgung ist für Xiuzhou daher nicht realistisch.

3.1 WIND- UND SOLARENERGIE

Die örtlichen Gegebenheiten in Xiuzhou eignen sich vor allem für die Nutzung von Photovoltaik- und Solarthermieanlagen. Dies liegt auch daran, dass sich diese gut in Dach- und Fassadenflächen integrieren lassen. Für Freiflächenanlagen (Windenergieanlagen, solarthermische Kraftwerke) ist jedoch ein nur geringes Potenzial vorhanden, da die landwirtschaftliche Nutzung Vorrang hat.

Windenergieanlagen sind auf dem Gebiet von Xiuzhou aktuell nicht geplant. Aufgrund des Vorrangs der Freiflächennutzung durch die Landwirtschaft ist eine zukünftige Windenergienutzung nur bei Änderung der rechtlichen Rahmenbedingungen und der politischen Vorgaben möglich. Technisch ließen sich Land- und Viehwirtschaft gut mit einer Windenergienutzung vereinbaren. Daher wird empfohlen, die Windenergienutzung für die Zukunft nicht generell auszuschließen, sondern zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu prüfen. So könnten zum Beispiel 10 Windenergieanlagen der 5-MW-Klasse, also insgesamt 50 MW installierte Leistung, einen Stromertrag von circa 0,1 TWh/a liefern. Zudem ist zu bedenken, dass die Windenergienutzung nicht nur den möglichen Beitrag erneuerbarer Energien zur Energieversorgung erhöht, sondern auch die Robustheit des Energiesystems stärkt.

Die Flächenpotenziale zur Solarenergienutzung werden in Xiuzhou bislang nicht erfasst, weshalb die nutzbaren Flächen geschätzt wurden. Nach Kombination aller ausschlaggebenden Faktoren sind im Ergebnis derzeit etwa 5,4 % der Bebauungsfläche Xiuzhous als Dachflächenpotenzial für die Solarenergienutzung verfügbar. Bis zum Jahr 2030 steigt dieser Wert auf 13 %. Gemäß den aktuellen Planungen stellt die Photovoltaiknutzung für Xiuzhou bereits einen Entwicklungsschwerpunkt dar, sowohl für die Industrie als auch für die allgemeine Stromversorgung.

Die im Jahr 2030 für die Solarenergie nutzbaren Flächen in Xiuzhou teilen sich auf 15,08 km² nutzbare Dachflächen und 4,53 km² nutzbare Fassadenflächen auf. Hinzu kommen noch Freiflächen, die nicht definiert sind, da es sich um Flächen auf Seen oder mit Doppelnutzen von landwirtschaftlicher und Photovoltaiknutzung handelt.

Grundsätzlich besteht für große Teile der Freiflächen in Xiuzhou ein Vorrang für die landwirtschaftliche Nutzung, sodass keine relevanten Potenziale zur Installation von Solaranlagen auf Freiflächen vorhanden sind. Es gibt allerdings bereits erste Projekte, bei denen die landwirtschaftliche und die energetische Nutzung kombiniert werden. Die dort geplanten beziehungsweise bereits installierten elektrischen Leistungen von zusammen 60 MW ermöglichen Jahresstromerträge von rund 54 GWh. Es wird angenommen, dass sich die so genutzten Flächen bis zum Jahr 2030 verfünffachen lassen.

Eine Solarwärmenutzung in der Freifläche ist nicht vorgesehen. Und auch für den Einsatz von CSP-Kraftwerken sind die Bedingungen in Xiuzhou nicht geeignet. Diese Technologie wird daher hier nicht weiter berücksichtigt.

3.2 WEITERE ERNEUERBARE ENERGIETRÄGER

In Xiuzhou bestehen gemäß den vorliegenden Informationen keine Potenziale zur Wasserkraftnutzung. Dies schließt auch Pumpspeicherkraftwerke als zentrale Energiespeicher mit ein. Potenziale für andere zentrale Speicher wie Kavernen sind ebenfalls nicht bekannt.

Biomasse

Bei den Biomassepotenzialen Xiuzhous werden aufgrund des Vorrangs der Nahrungs- und Futtermittelproduktion an dieser Stelle nur Potenziale betrachtet, die auf Reststoffen aus der Landwirtschaft beruhen. Ein gezielter Anbau von Energiepflanzen würde die Energieerträge zwar deutlich erhöhen, ginge aber auf Kosten der Nahrungs- und Futtermittelproduktion.

In Xiuzhou werden neben Gemüse und Obst vor allem Reis und Weizen angebaut. Die beim Obst- und Gemüseanbau wie auch beim Anbau von Hackfrüchten auf dem Feld verbleibenden Erntereste lassen sich nur unter großem Aufwand sammeln und haben zudem einen hohen Wassergehalt. Sie scheiden deshalb für eine großmaßstäbliche energetische Nutzung aus. Der beim Sortieren der Ernte anfallende Ausschuss ist Teil der später behandelten Abfallpotenziale.

Es verbleiben damit vor allem die Reststoffe aus dem Reis- und Weizenanbau in Form von Stroh und Spelzen. Beides lässt sich durch direkte Verbrennung im großtechnischen Maßstab energetisch nutzen. Im Jahr 2030 werden sich aus den Reststoffen des Reis- und Weizenanbaus 157 GWh/a Strom und 196 GWh/a Wärme gewinnen lassen.

Neben Ackerbau wird in Xiuzhou auch Viehwirtschaft in größerem Umfang betrieben. Aus den anfallenden Reststoffen (Geflügelexkremente, Rindergülle) lassen sich Stromerträge in Höhe von 2,2 GWh/a und Wärmeerträge in Höhe von 2,7 GWh/a gewinnen. Aufgrund des starken Rückgangs der Schweinehaltung in den vergangenen Jahren wird davon ausgegangen, dass diese in Zukunft ganz aufgegeben wird, sodass die 2014 rechnerisch noch bestehenden Potenziale ebenfalls wegfallen.

Siedlungsabfälle

Mit Blick auf die energetische Verwertung von Abfällen verfügt Xiuzhou bereits heute über umfassende Möglichkeiten. Neben Haushaltsabfällen umfasst dies Projekte zur gesonderten Sammlung und Behandlung von Küchenabfällen sowie die Nutzung von Schlämmen aus der Textilproduktion zur Wärmeerzeugung für den Produktionsprozess.

Angesichts einer bisherigen Steigerung der Abfallmengen in Xiuzhou von mindestens 10 % pro Jahr und der wachsenden Bevölkerung ist auch für die Zukunft von wachsenden Abfallmengen auszugehen. Für das Jahr 2030 wird daher eine Abfallmenge von 300 kt pro Jahr angesetzt, woraus sich 300 GWh/a Strom und 375 GWh/a Wärme gewinnen lassen.

Bei der Abfallbehandlung liegt in Xiuzhou ein besonderer Fokus auf der energetischen Entsorgung und Verwertung von Küchenabfällen. Zum Bezugszeitpunkt 2014 war die

POTENZIALE[12] FÜR DIE SOLARENERGIE-NUTZUNG IN JIAXING-XIUZHOU

	Installierbare Leistung in GW	Potenzieller Energieertrag in GWh/a
Photovoltaik-Dachflächenanlagen	2,71	2.714
Photovoltaik-Fassadenanlagen	0,68	475
Photovoltaik-Freiflächenanlagen	0,30	300
Solarthermie-Dachflächenanlagen	–	6.786
Solarthermie-Fassadenanlagen	–	1.583
Photovoltaikflächen gesamt	3,69	3.489
Solarthermieflächen gesamt	–	8.369

12 Zwischen einigen Potenzialnutzungen bestehen Nutzungskonkurrenzen. Zum Beispiel kann auf einer Dachfläche nur entweder eine Photovoltaikanlage oder eine Solarthermieanlage errichtet werden.

POTENZIALE FÜR DIE NUTZUNG WEITERER ERNEUERBARER ENERGIEN IN JIAXING-XIUZHOU

	Nutzbare Masse in t/a	Potenzieller Stromertrag in GWh/a	Potenzieller Wärmeertrag in GWh/a
landwirtschaftliche Reststoffe (Reis- und Weizenstroh)	111.892	159	199
landwirtschaftliche Reststoffe (Rindergülle und Geflügelmist)	14.162		
Küchenabfälle	–	367	459
Schlamm aus der Textilproduktion	–	–	700
Geothermie	–	–	42

entsprechende Verwertungsanlage noch nicht in Betrieb, aber seit Ende des Jahres 2016 steht eine Verarbeitungskapazität von 300 t Küchenabfall pro Tag bereit. Zum Jahr 2020 ist eine Verdopplung der Verarbeitungskapazität auf täglich 600 t Abfall geplant.

Mit einer angenommenen Zunahme der ständigen Bevölkerung zwischen 2020 und 2030 um 18 %, mit zunehmender Verstädterung und zusätzlich steigendem Wohlstand ist auch eine Zunahme an Speiseresten zu erwarten. Für 2030 wird deshalb von einer Steigerung um 50 % gegenüber 2020 ausgegangen.

Darüber hinaus wird in Xiuzhou Schlamm aus der Textilproduktion verbrannt und zur Dampferzeugung für die industrielle Produktion eingesetzt. Für Ende 2016 waren Verarbeitungskapazitäten von 2.500 t pro Tag geplant. Da die Bedeutung der Textilindustrie in Xiuzhou zukünftig eher abnehmen soll, wird an dieser Stelle von einem gleichbleibenden Potenzial ausgegangen.

Geothermie und Wärmepumpen

Perspektivisch lässt sich die Entnahmemenge des Yunre-Erdwärmebrunnens auf 5.018 m³ pro Tag steigern. Bei gleichen prozesstechnischen Bedingungen und konstantem spezifischen Wärmebedarf ließe sich auch die Energieausbeute fast verdoppeln auf 42 GWh/a, womit rund 0,21 km² Nutzfläche beheizt werden können. Dies entspricht circa 0,4 % der gesamten Nutzfläche in öffentlichen und Wohngebäuden in Xiuzhou. Weitere geothermische Potenziale sind nicht bekannt. Im Interesse eines stärkeren Mixes an erneuerbaren Energien wird empfohlen, die Geothermiepotenziale zu einem späteren Zeitpunkt erneut zu prüfen.

Das Potenzial von Wasser-Luft-Wärmepumpen, die die Umgebungswärme nutzen, wird als unbegrenzt angenommen. Ein Nachteil von Umgebungsluft als Wärmequelle ist allerdings, dass sie genau dann besonders geringe Temperaturen aufweist, wenn der Heizwärmebedarf aufgrund der geringen Außentemperaturen groß ist. Die Effizienz der Wärmepumpen und auch deren spezifische Wärmeleistung sind daher gerade dann gering, wenn viel Wärme benötigt wird.

Ein Vorteil der Nutzung von Wärmepumpen in zukünftigen Energiesystemen ist die Kopplung von Strom- und Wärmesektor. Da Wärmespeicher preisgünstiger sind als Stromspeicher, lassen sich so zeitweilige Stromüberschüsse puffern und später sinnvoll nutzen.

4. DER KÜNFTIGE ENDENERGIEBEDARF XIUZHOUS: DREI SZENARIEN

Der künftige Energiebedarf einer Stadt wird einerseits beeinflusst durch die Entwicklung der Nachfrage nach Energiedienstleistungen (Erwärmung oder Kühlung von Gebäuden, Energie für Produktionsprozesse, Transport von Personen und Gütern). Diese wiederum verändern sich in Abhängigkeit zur Entwicklung der Bevölkerung, der Wirtschaft und des Wohlstands. Andererseits beeinflusst die Effizienz in der Bereitstellung der Energiedienstleistung den Energiebedarf.

China verzeichnet bereits Erfolge bei den Effizienzsteigerungen, was sich im sinkenden Wert der Energieintensität, gemessen in Energiebedarf pro BIP-Einheit (MJ/$$_{2011}$$ GDP), niederschlägt. Dieser Wert verringerte sich seit der Jahrtausendwende um etwa 2,5 auf 8,34 MJ/$$_{2011}$$ GDP im Jahr 2012. Trotz dieser großen Fortschritte hat China immer noch einen etwa doppelt so großen spezifischen Energiebedarf wie beispielsweise Japan (4,26 MJ/$$_{2011}$$ GDP) oder die Europäische Union (4,09 MJ/$$_{2011}$$ GDP). Deshalb kann weiterhin von großen bestehenden Effizienzsteigerungspotenzialen ausgegangen werden. Qualitativ bestätigt wird diese Einschätzung auch durch den 13. Fünfjahresplan Xiuzhous, der eine durchschnittliche jährliche Effizienzsteigerung von 4,4 %[13] zwischen 2010 und 2015 ausweist.

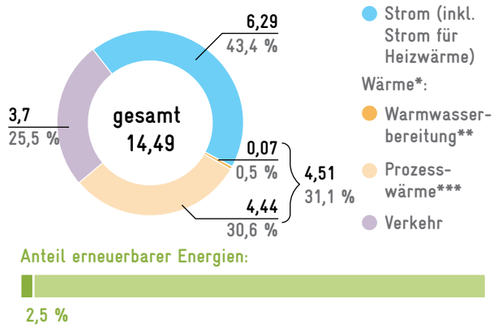
4.1 SZENARIO OHNE EFFIZIENZSTEIGERUNG

Zwischen 2010 und 2015 lag das jährliche Wirtschaftswachstum in Xiuzhou bei durchschnittlich 8,3 %, das sich laut Fünfjahresplan bis 2020 mit 7 %/a fortsetzen soll. Für die nachfolgende Zeit wird in Anlehnung an die landesweite und globale Entwicklung eine Abschwächung des Wachstums auf jährlich 5 % bis 2025 und 4 % von 2025 bis 2030 angenommen. 2030 läge das BIP dann bei über 59 Mrd. RMB (etwa 7,6 Mrd. EUR).

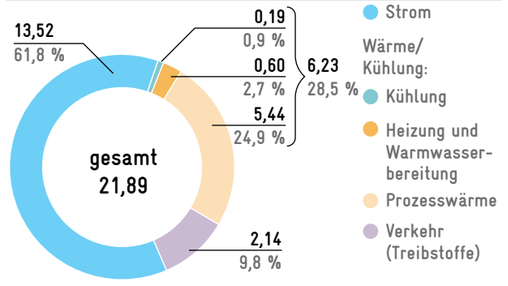
Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass der Bedarf an Wohnfläche proportional zum Bevölkerungswachstum steigt und dass sich auch der Komfortbedarf erhöht (steigende Heizgrenze, sinkende Kühlgrenze). Der Energiebedarf für den lokalen Verkehr konnte mangels Datengrundlage nur grob abgeschätzt werden. Für den Anteil der Pkw am Energiebedarf im Verkehrssektor (2014 fast 95 %) ist eine Steigerung zum einen durch das Bevölkerungswachstum anzunehmen und zum anderen durch eine steigende Pkw-Dichte je 1.000 Einwohner. Andererseits führt eine gestiegene Pkw-Dichte auch zu einer Verringerung der Fahrleistung je Fahrzeug (Sättigungseffekt).

Bliebe die Energieeffizienz der Wirtschaft zwischen 2015 und 2030 unverändert, so wäre zu erwarten, dass sich der Energiebedarf proportional zum BIP entwickelt. Das würde zu einem mehr als doppelt so hohen Energiebedarf führen.

ENDENERGIEBEDARF 2014 (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF SZENARIO OHNE EFFIZIENZSTEIGERUNG 2030 (in TWh/a)



* Heizung überwiegend strombasiert, genauer Wert für Heizwärmebedarf unbekannt
** entspricht Erdgasbedarf, der auch zum Kochen dient; Warmwasserbereitstellung teilweise auch strombasiert
*** enthält auch Erdgasbedarf der Industrie

4.2 ENERGIEEFFIZIENZSZENARIO 2020

Anders als beim proportional zum BIP steigenden Energiebedarf werden in diesem Szenario für das Jahr 2020 folgende Effizienzsteigerungen gegenüber 2015 angenommen: 2 % in der Landwirtschaft, 25 % in der Industrie und 10 % im Dienstleistungssektor.

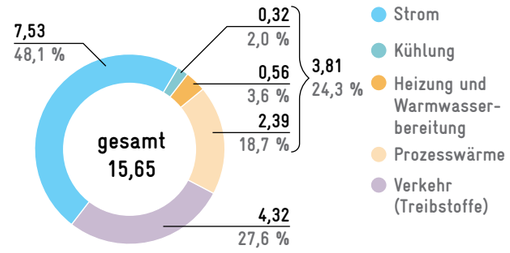
Bezüglich der wirtschaftlichen Wertschöpfung plant Xiuzhou für das Jahr 2020 eine Fortführung der Verschiebung vom Industrie- hin zum Dienstleistungssektor[14]. Als wesentlichste Veränderung ist zudem eine Verschiebung von Ackerflächen, Bebauungs-, Verkehrs- und Wasserflächen zu anderweitig landwirtschaftlich genutzten Flächen geplant, die um rund 1.700 ha zunehmen sollen.

Gemäß dem 13. Fünfjahresplan Xiuzhous steigt die ständige Bevölkerung 2020 gegenüber 2014 um 22,5 % an. Damit verbunden ist eine fortgesetzte Urbanisierung: Der städtische Anteil nimmt in der Planung sogar um 65 % zu, während die ländliche Bevölkerung um 31 % sinkt. Neben einem insgesamt steigenden Energiebedarf drückt sich der zunehmende Wohlstand der Bevölkerung auch in einer zunehmenden Wohnfläche pro Einwohner aus. Bis 2020 wird von einem Anstieg auf 27 m² pro Person ausgegangen (2014: 24 m² pro Person).

Die jährliche Steigerungsrate des Strombedarfs beträgt in diesem Szenario für den Zeitraum von 2014 bis 2020 3,0 %/a. Der Prozesswärmebedarf steigt in diesem Zeitraum um 12,6 %. Im Bereich Heizwärme, Warmwasser und Raumkühlung steigt der Energiebedarf proportional zu Bevölkerungswachstum und Wohnflächenzuwachs. Als Heiz- und Kühlgrenze werden 10 °C beziehungsweise 28 °C angesetzt.

Im Verkehrssektor erhöht sich die Pkw-Dichte im Vergleich zu 2014 um 10 % bei gleichbleibender spezifischer Fahrleistung je Fahrzeug. Die gesamte Fahrleistung steigt damit 1,1-fach so stark wie die Bevölkerung. Für die verbrennungsmotorischen Antriebe wird, bedingt durch die recht hohe Anzahl an Neufahrzeugen, außerdem von einer deutlichen Verbrauchsreduzierung von durchschnittlich 9,15 auf 8,50 l/100 km ausgegangen. Über eine reine Effizienzsteigerung der verbrennungsmotorischen Antriebe hinaus nimmt auch die Zahl der elektrisch angetriebenen Pkw zu, deren Energieverbrauch pro Kilometer Fahrleistung nur etwa 20 % des Verbrauchs eines Fahrzeugs mit Verbrennungsmotor ausmacht.

ENDENERGIEBEDARF ENERGIEEFFIZIENZSZENARIO 2020 (in TWh/a)



4.3 ENERGIEEFFIZIENZSZENARIO 2030

Für das Jahr 2030 werden folgende Effizienzsteigerungen gegenüber 2015 angenommen: 10 % in der Landwirtschaft, 50 % in der Industrie und 20 % im Dienstleistungssektor.

13 bezogen auf den Energieaufwand pro BIP

14 Landwirtschaft: 5 %, Industrie: 50 %, Dienstleistungen: 45 %

Der Wandel von einer Industrie- zu einer Dienstleistungsgesellschaft wird in diesem Szenario fortgesetzt. Auf den Landwirtschaftssektor entfallen 2030 4 % der Wertschöpfung, auf die Industrie 47 % und auf den Dienstleistungssektor 49 %. In Ermangelung öffentlich zugänglicher Daten wird von einer gegenüber 2020 konstanten Flächenverteilung ausgegangen und es wird nicht erwartet, dass die Änderungen in der Flächennutzung einen Einfluss auf den Energiebedarf haben.

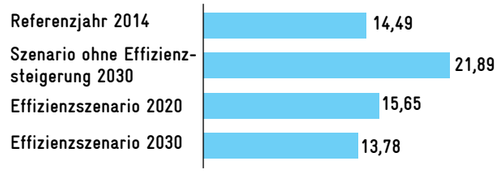
Hinsichtlich der Bevölkerungsentwicklung gibt es für 2030 noch keine offiziellen Daten. Laut der Bundeszentrale für Politische Bildung wird für 2028 jedoch der Höchststand der Bevölkerungszahlen in China erwartet. Gleichzeitig kann davon ausgegangen werden, dass die Verstädterung (nicht nur in China) anhält. Für Xiuzhou wird eine weiter steigende Einwohneranzahl angenommen mit einem mittleren jährlichen Bevölkerungswachstum von 1,67 % im Zeitraum 2020 bis 2030. Die ländliche Bevölkerung nimmt jedoch nach 2020 nur noch gering ab und der Zuwachs der städtischen Einwohner ist stattdessen vor allem durch Zuzug bedingt. Weiterhin zeigt sich der zunehmende Wohlstand der Bevölkerung in einer zunehmenden Wohnfläche pro Einwohner. Bis 2020 steigt sie auf 30 m² pro Person (2014: 24 m² pro Person).

Die jährliche Steigerungsrate des Strombedarfs beträgt in diesem Szenario für den Zeitraum von 2020 bis 2030 -0,1 %/a, das heißt, der Strombedarf sinkt von Jahr zu Jahr leicht. Der Prozesswärmebedarf steigt im Vergleich zu 2014 nur noch um 4,5 %. Im Bereich Heizwärme, Warmwasser und Raumkühlung steigt der Energiebedarf proportional zu Bevölkerungswachstum und Wohnflächenzuwachs. Als Heiz- und Kühlgrenze werden 15 °C beziehungsweise 25 °C angesetzt.

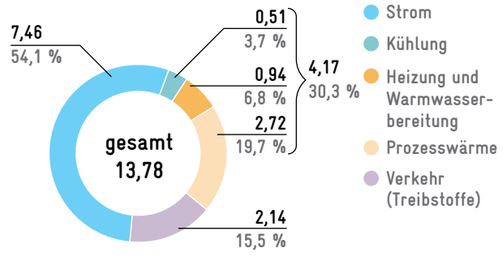
Im Verkehrssektor bleibt der Pkw-Bestand pro 1.000 Einwohner gegenüber 2020 konstant. Durch die Bevölkerungszunahme erhöht sich die absolute Pkw-Anzahl auf 334.000 Fahrzeuge. Da die Jahresfahrleistung jedoch sinkt, bleibt die Gesamtfahrleistung gegenüber 2020 in etwa gleich. Für Verbrennungsmotoren wird von einem auf 6,0 l/100 km sinkenden spezifischen Durchschnittsverbrauch ausgegangen, woraus bei ausschließlicher Nutzung von Verbrennern ein Energiebedarf für Treibstoff von 2,9 TWh/a resultiert. Liegt hingegen der Anteil an Elektrofahrzeugen bei 30 %, ergibt sich für die Elektromobilität ein Strombedarf von 0,21 TWh/a bei einem Energiebedarf für Treibstoff von 2,04 TWh/a.

Die Energiebedarfsszenarien könnten noch variiert werden, indem zum Beispiel ein geringeres oder stärkeres Wirtschaftswachstum oder eine geringere oder stärkere Energieeffizienz angenommen werden. Da jedoch davon ausgegangen werden kann, dass die angenommenen Werte realistisch sind und eine geringere Energieeffizienz aufgrund der ambitionierten Klimaschutzziele von Xiuzhou nicht akzeptabel wäre, wird auf weitere Szenarien verzichtet.

ENDENERGIEBEDARF (in TWh/a)



ENDENERGIEBEDARF EFFIZIENZSZENARIO 2030 (in TWh/a)



5. DIE KÜNFTIGE ENERGIEVERSORGUNG XIUZHOUS

Zur Skizzierung des künftigen Energieversorgungssystems in Xiuzhou werden aus dem Energieeffizienzszenario 2030 vier Versorgungsszenarien abgeleitet. Da eine zu 100 % auf erneuerbaren Energien basierende Energieversorgung nicht realistisch erscheint, beziehen sich die Szenarien auf einen Ausnutzungsgrad von zunächst 60 % beziehungsweise 80 % der lokal vorhandenen Biomasse- und Solarenergiepotenziale.

5.1 VIER SZENARIEN FÜR DAS JAHR 2030

Für die Szenarien wird davon ausgegangen, dass 2030 in Xiuzhou keine fossil betriebenen Kraftwerke mehr bestehen. Für die kleinen Industriekraftwerke entspricht dies der aktuellen Planung bis 2020. Die bisher genutzten Mengen an Stroh und Textilschlamm stehen für fiktive neue Biomasseanlagen zur Verfügung.

EE-Potenzial 60 %

Das Szenario EE-Potenzial 60 % geht davon aus, dass jeweils 60 % der lokalen Potenziale für Biomasse und für Flächen zur Solarenergienutzung genutzt werden. Das entspricht einer ambitionierten, aber nicht vollständigen Nutzung der verfügbaren Erneuerbare-Energien-Potenziale. Der Wert von 60 % wurde gewählt, weil er einen guten Kompromiss aus möglichst geringen Stromüberschüssen und gleichzeitig hohen Deckungsanteilen darstellt. Der Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf würde in diesem Szenario 49 % erreichen.

Bei der Solarenergienutzung werden die gesamten 60 % des Frei- und Fassadenflächenpotenzials durch Photovoltaik genutzt. Eine Nutzung durch Solarthermie findet nicht statt.

VERSORGUNGSSZENARIEN FÜR XIUZHOU

Name des Szenarios	Nutzungsgrad des Solarflächenpotenzials		Nutzungsgrad des Biomassepotenzials	Anteil erneuerbarer Energien am Energieverbrauch	Weitere Merkmale
	Photovoltaik	Solarthermie			
EE-Potenzial 60 %	55 % Dachflächen 60 % Freiflächen und Fassaden	5 % Dachflächen	60 %	49 %	
EE-Potenzial 80 %	66 % Dachflächen 80 % Freiflächen und Fassaden	14 % Dachflächen	80 %	54 %	
EE-Potenzial 80 % inklusive Batterien					kein Stromexport mind. 1 GWh Batteriekapazität
EE-Potenzial max. inklusive Batterien	73 – 86 % Dachflächen 100 % Freiflächen und Fassaden	14 % Dachflächen	100 %	58 %	kein Stromexport mind. 1 GWh Batteriekapazität

Bei den Dachflächenpotenzialen sind rund 55 % für Photovoltaik vorgesehen und 5 % für Solarthermie. Dieser Anteil an Solarthermie reicht aus, um etwa 75 % des häuslichen Warmwasserbedarfs zu decken. Die Biomassepotenziale umfassen die verfügbaren Energiemengen aus Ernteresten, tierischen Exkrementen und Schlamm aus der Textilproduktion. Die Nutzung erfolgt ausschließlich in Kraft-Wärme-Kopplungsanlagen.

Der elektrische Energiebedarf wird somit entweder aus Photovoltaik, Kraft-Wärme-Kopplung oder durch Importe gedeckt. Stromüberschüsse dürfen in das vorgelagerte Stromnetz exportiert werden.

Heizwärme, Warmwasser und Prozesswärme können durch KWK-Anlagen, Wärmepumpen oder Solarthermieanlagen bereitgestellt werden. Heizwärme und Warmwasser können zusätzlich durch einfache direktelektrische Heizgeräte beziehungsweise Warmwasserbereiter erzeugt werden. Der Kältebedarf wird vollständig durch Kompressionskältemaschinen gedeckt.

Der Einsatz von größeren KWK-Anlagen ist technisch an das Vorhandensein von Wärmenetzen gekoppelt, die in Xiuzhous Heizwärmeversorgung derzeit nicht existieren. Für 2030 wird daher für Heizwärme und Warmwasser eine Obergrenze an leitungsgebundener Wärmeversorgung und damit an KWK-Nutzung festgelegt, die einem Anschluss von etwa 15 % der Haushalte an ein Wärmenetz entspricht. Ein Import oder Export von Wärme oder Kälte ist nicht möglich.

Darüber hinaus sind elektrische Energiespeicher in Form von Batterien und thermische Speicher in Form von Warmwasserspeichern verfügbar. Über Installation und Betrieb entscheidet der Optimierungsalgorithmus, es gibt also keine Mindestvorgabe.

EE-Potenzial 80 %

Im Szenario EE-Potenzial 80 % werden 80 % des lokal verfügbaren Biomasse- und Solarenergiepotenzials genutzt. Diese 80 % bilden die geschätzte Obergrenze der – unter großen Anstrengungen – realistisch erreichbaren Potenzialausnutzung. Das Szenario stellt damit eine Empfehlung für die Zielrichtung politischer Entscheidungen dar. Der erzielbare Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf liegt hier bei 54 %.

In diesem Szenario werden 14 % des Dachflächenpotenzials für die Solarthermienutzung reserviert, da der Energieertrag pro Flächeneinheit aus solarthermischen Anlagen typischerweise höher ist als aus Photovoltaikanlagen. Die restlichen 66 % stehen für Photovoltaik zur Verfügung. Frei- und Fassadenflächen werden ausschließlich durch Photovoltaik genutzt (80 % des Gesamtpotenzials). Die resultierenden Erträge aus Solarthermie reichen rechnerisch aus, um den häuslichen Warmwasserbedarf vollständig und zusätzlich 15 % des Prozesswärmebedarfs zu decken. Die verfügbaren Anlagentypen und die übrigen Randbedingungen entsprechen denen des Szenarios EE-Potenzial 60 %.

EE-Potenzial 80 % inklusive Batterien

Dieses dritte Szenario weicht vom Szenario EE-Potenzial 80 % in zwei Punkten ab: Erstens gibt es die Vorgabe einer Mindestkapazität für Batteriespeicher von 1 GWh. Zweitens ist ein Stromexport ausgeschlossen, sodass der gesamte systemintern bereitgestellte Strom auch intern genutzt werden muss.

Durch dieses Szenario lässt sich untersuchen, inwieweit sich Stromimport- und Exportbedarf durch elektrische Speicher verringern lassen. Das ist vor dem Hintergrund interessant, dass in China bereits heute ein nennenswerter Teil des Stromertrags aus Photovoltaik- und Windenergieanlagen abgeregelt werden muss, da er temporär den Bedarf übersteigt. Bei einem fortschreitenden Ausbau der Nutzung fluktuierender erneuerbarer Energien wird sich dieser Effekt verstärken, wenn nicht durch Speicher und Lastmanagement eine zeitliche Entkopplung beziehungsweise Anpassung erfolgt.

Auch in diesem Szenario lässt sich ein Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf von 54 % erreichen.

INSTALLIERTE LEISTUNG (GW) UND JAHRESENERGIEERTRÄGE (TWh/a) DER ENERGIEVERSORGUNGSSZENARIEN IM VERGLEICH

	EE-Potenzial 60 %		EE-Potenzial 80 %		EE-Potenzial 80 % inklusive Batterien		EE-Potenzial max. inklusive Batterien	
	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a	GW	TWh/a
Photovoltaik	2,08	1,79	2,57	2,21	2,57	2,21	2,97	2,56
Biomasse (KWK, Strom)	0,07	0,31	0,10	0,42	0,09	0,42	0,118	0,52
Biomasse (KWK, Wärme)	0,09	0,39	0,12	0,52	0,12	0,52	0,15	0,65
Solarthermie	0,42	0,24	1,28	0,72	1,30	0,72	1,30	0,72
Wärmepumpen	0,66	3,05	0,62	2,48	0,97	2,48	0,95	2,35
Stromspeicher [GWh]	–	–	–	–	2,23	–	3,90	–
Wärmespeicher [GWh]	5,03	–	10,75	–	11,35	–	11,64	–
Kompressionskältemaschinen	6,38	0,51	6,38	0,51	6,38	0,51	6,38	0,51
Stromimporte	–	6,44	–	5,86	–	5,74	–	5,25

EE-Potenzial max. inklusive Batterien

Das Szenario EE-Potenzial max. inklusive Batterien bildet die Obergrenze[15] des theoretisch möglichen Deckungsbeitrages aus erneuerbaren Energien am Gesamtbedarf ab. Die lokalen Potenziale für Biomasse und für Flächen zur Solarenergienutzung können zu 100 % ausgeschöpft werden. Außerdem ist auch hier der Export von Strom ausgeschlossen und es wird eine minimale Batteriespeicherkapazität von 1 GWh vorgegeben.

Für die Solarthermie sind in diesem Szenario wiederum 14 % des Dachflächenpotenzials reserviert. Die übrigen 86 % werden für die Photovoltaik genutzt, wobei dieser Wert die Obergrenze darstellt, also 100 % des für Photovoltaik verfügbaren Potenzials entspricht. Mindestens 73 % des Dachflächenpotenzials (= 85 % des für Photovoltaik verfügbaren Potenzials) müssen genutzt werden.

Das Biomassepotenzial wird vollständig und wie schon in den übrigen Szenarien ausschließlich in KWK-Anlagen genutzt. In diesem Maximalszenario ist ein Anteil der erneuerbaren Energien am Endenergiebedarf von 58 % erreichbar.

Xiuzhou hat das Ziel, künftig einen möglichst hohen Anteil des Energiebedarfs durch erneuerbare Energien zu decken. Bevorzugt sollte es sich dabei um Quellen handeln, die im Gebiet von Xiuzhou zur Verfügung stehen. Da die Potenziale im Gebiet von Xiuzhou jedoch relativ begrenzt sind, wird eine Vollversorgung nicht möglich sein.

Der verbleibende Bedarf an Strom und Treibstoffen sowie gegebenenfalls Wärme und Biomasse muss importiert werden. Sofern die zu importierende Energiemenge aus erneuerbaren Energien stammt, kann das Ziel einer nachhaltigen Energieversorgung von Xiuzhou auch mithilfe von Energieimporten erreicht werden. Ob beziehungsweise in welchem Umfang dies möglich ist und welche Kosten gegebenenfalls damit verbunden wären, lässt sich nicht abschätzen. Sicherlich wird in den kommenden Jahren die fossile und nukleare Energieerzeugung noch dominieren.

Das größte Potenzial an erneuerbaren Energien besteht in Xiuzhou für die Solarenergienutzung. Solarthermie wird bereits heute in größerem Umfang zur Warmwasserbereitung eingesetzt. Für die Zukunft sollte eine verstärkte Nutzung angestrebt werden, da die Flächenerträge im Vergleich zur Photovoltaik höher sind.

Die jährlichen Gesamtkosten für die Umsetzung der Szenarien liegen zwischen 10 und 11 Mrd. RMB (1,28 beziehungsweise 1,41 Mrd. EUR). Zum Vergleich: Das Bruttoinlandsprodukt Xiuzhous betrug im Jahr 2013 35,6 Mrd. RMD (4,57 Mrd. EUR), für 2030 wird ein Wert von 59 Mrd. RMB (7,55 Mrd. EUR) erwartet.

Bei einer Abwägung zwischen möglichst geringen Gesamtkosten bei möglichst geringen CO_2-Emissionen stellt das Szenario EE-Potenzial 80 % die beste Wahl dar. Im Vergleich zum günstigsten Szenario EE-Potenzial 60 % liegen die Kosten um weniger als 1 % höher, die CO_2-Emissionen aber um 9 % niedriger. Die Nutzung elektrischer Speicher lohnt sich bei 80%iger Potenzialausnutzung demgegenüber nicht, da die Emissionsminderung nur 2 % beträgt, jedoch überproportional hohe Zusatzkosten entstehen.

Sollen die Emissionen weiter reduziert werden, so sollte die Potenzialausnutzung möglichst weit über die 80-%-Marke hinaus erhöht werden. In diesem Fall ist auch eine umfangreichere Nutzung elektrischer Speicher sinnvoll. Die berechneten Mehrkosten hierfür erscheinen vertretbar, sodass die Herausforderungen eher im technischen und sozialen Bereich liegen dürften.

Ableitungen für das Jahr 2020

Da es zwischen 2020 und 2030 keine absehbaren strukturellen Änderungen in der Zusammensetzung des Energiebedarfs oder sonstige Brüche gibt, lassen sich aus den Ergebnissen für 2030 Rückschlüsse auf das Jahr 2020 ziehen. Die Unterschiede in den Rahmenbedingungen müssen dabei natürlich berücksichtigt werden.

Aufgrund des voraussichtlich anhaltend starken Wirtschaftswachstums wurde für das Jahr 2020 ein insgesamt höherer Energiebedarf abgeschätzt als für 2030. Gleichzeitig sind die Potenziale an erneuerbaren Energien 2020 geringer als 2030. Dies liegt zum einen an geringeren Wirkungsgraden, weil die Technologien in ihrer Entwicklung noch nicht so weit fortgeschritten sind. Zum anderen wurde hinsichtlich der Potenzialabschätzung für eine Solarenergienutzung an Gebäuden angenommen, dass die Bebauung fortschreitet und sich die Bauweise dabei verstärkt auf die Solarenergienutzung ausrichtet.

Aus diesen beiden gleichläufigen Faktoren ergibt sich, dass die theoretisch erzielbaren Deckungsbeiträge aus erneuerbaren Energien 2020 unter denen von 2030 liegen müssen. Als weiterer wichtiger Einflussfaktor kommt die mögliche Ausbaugeschwindigkeit hinzu, die eine Ausnutzung der technischen Potenziale in den verbleibenden rund 3 Jahren bis 2020 kaum möglich erscheinen lässt.

Trotzdem ist 2020 ein wichtiger Meilenstein in der Zielerreichung von 2030, denn um 2030 eine weitgehende oder sogar vollständige Potenzialausnutzung insbesondere bei der Solarenergienutzung zu erreichen, sind frühzeitige Anstrengungen nötig. Gleichzeitig wird mit Blick auf die Ergebnisse des Szenarios EE-Potenzial 60 % deutlich, dass auch mit geringeren Ausbaustufen bereits nennenswerte Beiträge zur Strom- und Wärmeversorgung geliefert werden können. Selbst bei noch deutlich geringerem Ausbau bis 2020 können also sichtbare Effekte erzielt werden.

5.2 DIE STROMVERSORGUNG

Die größten Potenziale für die Versorgung mit erneuerbaren Energien bestehen in Xiuzhou für die Solarenergienutzung. Insbesondere die Photovoltaik, aber auch die Solarthermie können wichtige Beiträge zur Energieversorgung leisten. In Xiuzhou ist jedoch keine zu 100 % erneuerbare Stromversorgung möglich, da die Erneuerbare-Energien-Potenziale relativ begrenzt sind. Ein Teil des Bedarfs muss daher mittels Importen gedeckt werden.

Der zukünftige Einsatz fossiler und nuklearer Energieträger wurde in den Szenarien bewusst nicht untersucht. Beide Ressourcen müssen importiert werden und die Entscheidung über ihre zukünftige Nutzung und die ökonomischen Rahmenbedingungen liegen größtenteils außerhalb des Einflusses der Politik und Verwaltung Xiuzhous.

Stromerzeugung

Bei voller Potenzialausnutzung können in Xiuzhou bis zu 31 % des Strombedarfs mit Photovoltaik gedeckt werden. Sind Stromexporte oder das Abregeln von Photovoltaikanlagen jedoch unerwünscht, so dürfen nur etwa 55 % der Solarflächen mit Photovoltaik belegt werden.

Biomasse stellt aufgrund ihres regelbaren Einsatzes eine wichtige Energiequelle dar. Doch selbst bei voller Ausnutzung des Potenzials in hocheffizienten Anlagen können 2030 nur 6 % des Strombedarfs gedeckt werden (aber immerhin 18 % des Wärmebedarfs). Die Nutzung von Biomasse sollte daher vorangetrieben werden, wie es bereits in diversen Pilotprojekten der Fall ist.

Stromspeicher

Um Stromexporte und das Abregeln von Photovoltaikanlagen zu vermeiden, können alternativ Batteriespeicher installiert werden, die unter den getroffenen Kostenannahmen aus ökonomischer Sicht allerdings schlechter abschneiden als ein Stromexport oder eine zeitweilige Abregelung der Anlagen. Mit Blick auf die Erhöhung der Eigenversorgung aus erneuerbaren Energien sind elektrische Speicher zudem erst ab Potenzialausnutzungsgraden von weit über 80 % interessant. Vorher sind die auftretenden Überschüsse zu gering.

5.3 DIE WÄRME- UND KÄLTEVERSORGUNG

Die zukünftige Wärmeversorgung in Jiaxing-Xiuzhou stützt sich vorwiegend auf elektrische Wärmepumpen.

Wärme- und Kälteerzeugung

Elektrische Wärmepumpen stellen zukünftig die wichtigste Technologie zur Wärmeversorgung auf niedrigem bis mittlerem Temperaturniveau dar. Sie werden sowohl für die Warmwasser- und Heizwärmebereitung als auch für die Versorgung mit Prozesswärme eingesetzt. Je nach Solarthermieeinsatz liegen die Deckungsanteile der Wärmepumpen bei 63 bis 83 %.

Mit Solarthermie können bei voller Potenzialausnutzung bis zu 19 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. Solarthermie ist dabei sowohl für die Warmwasserbereitung vorgese-

GESCHÄTZTE KOSTEN UND CO_2-EMISSIONEN DER ENERGIEVERSORGUNGSSZENARIEN

	Nivellierte jährliche Gesamtkosten in Mrd. RMB/a	Jährliche CO_2-Emissionen in kt/a
EE-Potenzial 60 %	10,28	3.040
EE-Potenzial 80 %	10,38	2.791
EE-Potenzial 80 % inklusive Batterien	10,80	2.738
EE-Potenzial max. inklusive Batterien	10,96	2.534

15 Diese Obergrenze ließe sich nur verändern, wenn zusätzliche Potenziale erschlossen würden oder der Energiebedarf geringer ausfallen würde.

hen als auch für die Bereitstellung von Prozesswärme. Wie bei den Wärmepumpen muss vor einer konkreten Umsetzung jedoch noch geprüft werden, in welchen (industriellen) Prozessen das Temperaturniveau den Austausch von brennstoffbetriebenen Heizungen durch Solarthermie erlaubt.

Mittels Biomasse können bei voller Ausnutzung des Potenzials in hocheffizienten Anlagen immerhin 18 % des Wärmebedarfs gedeckt werden. Die Nutzung von Biomasse sollte daher vorangetrieben werden, wie es bereits in diversen Pilotprojekten der Fall ist.

Die Kälteversorgung Xiuzhous erfolgt ausschließlich über elektrisch betriebene Kompressionskältemaschinen. Darüber hinaus wäre wahrscheinlich ein teilweiser Einsatz von Absorptionskältemaschinen sinnvoll und könnte zu einer weiteren Primärenergieeinsparung führen. Für diese Entscheidung sind allerdings genauere Kenntnisse der örtlichen Verhältnisse, insbesondere in der Industrie, nötig.

Wärmespeicher

Thermische Speicher sind in jedem Szenario Teil des Optimierungsergebnisses und damit sowohl technisch wie auch ökonomisch sinnvoll. Über den Umweg der elektrischen Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen erlauben sie auch die indirekte Speicherung von Stromüberschüssen. Sie stellen damit ebenfalls eine wichtige Technologie dar, die beim Austausch von Heizungssystemen sowohl in Wohngebäuden als auch bei industriellen Prozessen angedacht werden sollte.

5.4 DIE ENERGIEVERSORGUNG IM VERKEHRSSEKTOR

Der Mobilitätsbedarf wird zu 30 % mittels Elektromobilität gedeckt, der restliche Bedarf aus chemischen und fossilen Energieträgern.

Die Frage, in welchem Umfang der Individualverkehr auf den öffentlichen Nahverkehr verlagert wird, ist offen. In Jiaxing ist der Bau einer U-Bahn mit fünf Linien geplant, allerdings sind bislang kaum Daten veröffentlicht. Die U-Bahn dürfte aber nennenswert zum Mobilitätsangebot in Xiuzhou beitragen und gleichzeitig zu einer Verlagerung in Richtung Elektromobilität.

6. MASSNAHMEN ZUR UMSETZUNG DES ENERGIEKONZEPTES FÜR XIUZHOU

Das Kernstück der Maßnahmen zur Umsetzung des Energiekonzeptes für Xiuzhou stellt die Empfehlung dar, den Ausbau der zentralen Technologien Photovoltaik, Solarthermie, Wärmepumpen und thermische Speicher voranzutreiben. Parallel muss darauf geachtet werden, die notwendige Erhöhung der Energieeffizienz zu erreichen. Die bereits vorgesehene Schließung der kleinen Industriekohlekraftwerke ist dabei ein wichtiger Schritt.

6.1 ÜBERSICHT ALLER MASSNAHMEN

	Maßnahmen	Energiesektor	Investitionskosten	Lokale Wertschöpfung
hohe Priorität	Ausbildung von Energieberatern	Systemintegration	gering	gering
	Einführung gesetzlicher Mindesteffizienzstandards	Systemintegration	gering	gering
	Ausbau der Photovoltaiknutzung auf Gebäuden	Strom	hoch	hoch
	Gezielte Ansprache und Motivation zum Heben von Energieeffizienzpotenzialen in der Industrie	Strom, Wärme	gering	gering
	Motivation zur Nutzung emissionsarmer Verkehrsmittel	Verkehr	gering	gering
	Förderung der Fahrradnutzung durch Ausweisung von Fahrradwegen	Verkehr	hoch	mittel
	Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs	Verkehr	hoch	mittel
	Einstiegsberatung in der Industrie durch Energieberater	Strom, Wärme	gering	gering
	Detailberatung in der Industrie aufgrund einer individuellen Prozessanalyse	Strom, Wärme	mittel	mittel
	Ausbau der Solarthermienutzung auf Gebäuden	Wärme	hoch	hoch
	Installation von Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen	Wärme	hoch	hoch
	Installation thermischer Speicher	Wärme	hoch	hoch
	Förderung der Fahrradnutzung durch Schaffung von Abstellmöglichkeiten	Verkehr	mittel	mittel
	Förderung von Elektromobilität durch Aufbau von Ladeinfrastruktur	Verkehr	hoch	mittel
	Umstellung auf emissionsarme und effiziente Fahrzeugantriebe	Verkehr	hoch	mittel
	Erhebung des heutigen und zukünftigen Mobilitätsbedarfs	Verkehr	gering	gering
	Aufbau eines kommunalen Energiemanagements	Systemintegration	mittel	gering
mittlere Priorität	Ausbau der Photovoltaiknutzung auf Freiflächen	Strom	hoch	mittel
	Import von „grünem" Strom	Strom	gering	gering
	Einführung von Energiemanagementsystemen in der Industrie	Strom, Wärme	hoch	gering
	Energiesparleitfaden für Haushalte	Strom, Wärme	gering	gering
	Effizienzsteigerung bei bestehenden Kohlekraftwerken	Strom, Wärme	hoch	mittel
	Energieberatungsstellen und/oder –sprechstunden für Haushalte	Strom, Wärme	gering	gering
	Ausbau von Wärmenetzen	Wärme	hoch	hoch
	Erhebung des Gebäudebestands und seiner energetischen Qualität	Wärme	gering	gering
	Installation einer verbesserten Wärmedämmung	Wärme	hoch	hoch
	Förderung von Elektrofahrrädern	Verkehr	gering – mittel	gering - mittel
	Einführen von Jobtickets für den öffentlichen Personennahverkehr	Verkehr	gering	gering
	„Stadt der kurzen Wege"	Verkehr	Zusatzaufwand: gering – mittel	gering - mittel
	Ausbildung von Energieauditoren	Systemintegration	gering	mittel
	Bereitstellung zinsgünstiger Kredite und Information über Finanzierungsmöglichkeiten	Systemintegration	gering	gering
	Aufbau eines Energiekatasters	Systemintegration	mittel	gering
	Nutzen der Vorbildfunktion der öffentlichen Hand	Systemintegration	mittel	mittel
niedrige Priorität	Erhöhung der Eigenstromnutzung durch Installation von Batteriespeichern	Strom	hoch	mittel
	Übersicht energiesparender Haushaltsgeräte	Strom, Wärme	gering	gering
	Effizienzsteigerung von Heiz- und Kühlgeräten	Wärme	mittel	mittel

6.2 DIE 7 WICHTIGSTEN MASSNAHMEN

Im Folgenden werden die Eckpunkte der 7 wichtigsten Maßnahmen skizziert. Betrachtet werden dabei folgende Aspekte:

	Energiesektor
	Ausgangspunkt/Motiv
	Emissions-/Umweltauswirkung
	Kosten/Wirtschaftlichkeit
	Einfluss auf die wirtschaftliche Entwicklung

Ausbildung und Zertifizierung von Energieberatern, Schaffung von Rahmenbedingungen beispielsweise in Form von Energieausweisen, Schulungsprogrammen und Definition von Schulungsabschlüssen

	Systemintegration
	Sicherstellung, dass qualifizierte Berater den Akteuren sinnvolle Vorschläge zu konkreten Maßnahmen, deren Kosten und Auswirkungen liefern können
	• keine direkten Auswirkungen • indirekte Auswirkung: Basis für erfolgreiche • Umsetzung von Effizienzmaßnahmen und Treibhausgasreduktion
	Ausbildung kann gewinnbringend, kostenneutral oder auch subventioniert angeboten werden
	resultierende Effizienzmaßnahmen mit positiven Auswirkungen

Einführung gesetzlicher Mindesteffizienzstandards für Wärmedämmung, Ausführung von Gebäuden, Verwendung von Leuchtmitteln, Wirkungsgrade von Kraftwerken und Heizungsanlagen, Energiebedarf von Kraftfahrzeugen

	Systemintegration
	die Umsetzung von Energieeffizienzmaßnahmen unterstützen und vorantreiben
	Kontrolle der tatsächlichen Wirksamkeit von Effizienzmaßnahmen
	zumindest mittelfristig häufig ein positiver Effekt, da die nötigen Investitionen durch die Energiekostenreduktion aufgrund der Energieeinsparungen überkompensiert werden
	positive Effekte, da umgesetzte Effizienzmaßnahmen tatsächlich die erwarteten Einsparungen und Effekte erzielen

Ausbau der Photovoltaiknutzung auf Gebäuden

	Stromsektor
	Erschließung des großen Potenzials zur Nutzung erneuerbarer Energien auf und an Gebäuden (Dächer und Fassaden)
	starke Minderung von Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffen durch verringerten Kohleeinsatz
	kurzfristig hohe Investitionen bei langfristigen Einsparungen bei den Brennstoff- und Energiebezugskosten
	• Verringerung der Brennstoff- und Energiebezugskosten von Unternehmen • erhöhte Planungssicherheit bei Energiekosten • geringere Kosten für Umweltauflagen

Gezielte Ansprache und Motivation der Akteure zum Heben von Energieeffizienzpotenzialen in der Industrie

	Strom, Wärme
	vorhandene Effizienzpotenziale identifizieren und ausschöpfen
	Effizienzsteigerungspotenzial von bis zu 50 % im Industriesektor und 10 % im Dienstleistungssektor
	• steigender personeller Aufwand für die Kommunen, der jedoch im Erfolgsfall zu geringeren Ausgaben für die Behebung von Gesundheits- und Umweltschäden führt • kurzfristig sind bei einigen Einzelmaßnahmen Investitionen nötig
	sinkende Produktionskosten

Durch kommunale Öffentlichkeitsarbeit: Gezielte Ansprache und Motivation von Bürgern, Arbeitgebern und Logistikdienstleistern zur Nutzung emissionsarmer Verkehrsmittel

	Verkehrssektor
	Nutzung energieeffizienter und klimafreundlicher Fortbewegungsmittel wie Fußweg, Fahrrad, ÖPNV, Elektrofahrzeuge oder erdgasbetriebene Kraftfahrzeuge
	• keine bis geringe unmittelbare Auswirkung • indirekt starke Steigerung der Energieeffizienz bei gleichzeitig deutlicher Senkung der verkehrsbedingten Emissionen
	personeller Aufwand für die Kommune, der jedoch im Erfolgsfall zu geringeren Ausgaben für die Behebung von Gesundheits- und Umweltschäden führt
	• zunächst eher dämpfende Wirkung, da die Ausgabe nicht unmittelbar zu Einnahmen führen • mittelfristig Erhöhung der Lebensqualität und Senkung der Ausgaben für Gesundheits- und Umweltschäden

Förderung der Fahrradnutzung durch Bau beziehungsweise Ausweisung von Fahrradwegen

	Verkehrssektor
	Verringerung des motorisierten Individualverkehrs
	mittelbare Minderung von Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffen durch verringerten Treibstoffeinsatz und weniger motorisierten Individualverkehr
	Investitionskosten für die Kommune, die jedoch deutlich geringer sind als die Aufwendungen für den motorisierten Verkehr
	indirekte positive Effekte durch die Verbesserung der Lebensqualität und der Gesundheit der Einwohner

Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs zu einem dicht ausgebauten und eng getakteten Nahverkehrssystem, Ausrüstung der eingesetzten Fahrzeuge mit elektrischen Antrieben oder Einsatz von Erdgas als Treibstoff anstelle von Diesel

	Verkehrssektor
	weitgehende Ersetzung der individuellen Mobilität (abgesehen vom Fahrradverkehr) durch Nutzung des öffentlichen Personennahverkehrs
	Minderung von Treibhausgasemissionen und Luftschadstoffen durch verringerten Treibstoffeinsatz und weniger motorisierten Individualverkehr
	• Investitionen erforderlich • dauerhaft höhere Kosten für die Kommune, sofern der ÖPNV durch die öffentliche Hand betrieben wird • voraussichtlich nicht vollständige Amortisation durch Fahrkartenverkauf
	indirekte positive Effekte durch die Verbesserung der Lebensqualität und der Gesundheit der Einwohner

JIAXING-XIUZHOU: ENERGIETRANSFORMATION TROTZ BEGRENZTER POTENZIALE

XIUZHOU 2030*

Bevölkerung: 850.000 (2014: 376.000/588.000**)
Bruttoinlandsprodukt: 7,6 Mrd. EUR (2015: 4,6 Mrd. EUR)
Erneuerbare-Energien-Anteil am Endenergiebedarf: 57,5 % (2014: 2,49 %)

STROMSEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 7,46 TWh
installierte Leistung: 2,67 GW
jährliche Stromerzeugung: 2,63 TWh
jährliche Stromimporte: 5,86 TWh
jährliche Stromexporte: 0,12 TWh
Erneuerbare-Energien-Anteil an der Stromerzeugung: 100 %

WÄRMESEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 4,18 TWh
installierte Leistung: 20,6 GW
jährliche Wärme-/Kälteerzeugung: 4,24 TWh
jährliche gespeicherte Wärmemenge: 0,77 TWh
Erneuerbare-Energien-Anteil an der Wärmeerzeugung: 100 %

VERKEHRSSEKTOR 2030*

jährlicher Endenergiebedarf: 2,14 TWh
Anteil der Elektromobilität an der Deckung des Mobilitätsbedarfs: 30 %

DIE 7 WICHTIGSTEN MAßNAHMEN

Ausbildung von Energieberatern
Einführung gesetzlicher Mindesteffizienzstandards
Ausbau der Photovoltaiknutzung auf Gebäuden
Ansprache und Motivation zum Heben von Energieeffizienzpotenzialen in der Industrie
Motivation zur Nutzung emissionsarmer Verkehrsmittel
Förderung der Fahrradnutzung durch Ausweisung von Fahrradwegen
Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs

* auf Grundlage des Effizienzbedarfsszenarios 2030 und des Versorgungsszenarios „EE-Potenzial 80 %“
** gemeldete/ständige Einwohner

ERNEUERBARE ENERGIEN AUSBAUEN
ENERGIE SPAREN/EFFIZIENZ ERHÖHEN
WISSEN UND AUSTAUSCH FÖRDERN
INFRASTRUKTUR ANPASSEN UND AUSBAUEN
MOBILITÄT VERÄNDERN
ENERGIE SPEICHERN
Import von „grünem" Strom
Ausbau der Photovoltaik-nutzung auf Freiflächen
Einführung von Energiemanage-mentsystemen in der Industrie
Effizienzsteigerung bei bestehenden Kohlekraftwerken
Detailberatung in der Industrie aufgrund einer individuellen Prozessanalyse
Ausbau von Wärmenetzen
Förderung der Fahrradnutzung durch Ausweisung von Fahrradwegen
Förderung der Fahrradnut-zung durch Schaffung von Abstellmöglichkeiten
Installation thermischer Speicher
Ausbau der Photovoltaik-nutzung auf Gebäuden
Ausbau der Solarthermie-nutzung auf Gebäuden
Ansprache und Motivation zum Heben von Energieeffizienz-potenzialen in der Industrie
Aufbau eines kommunalen Energiemanagements
Einstiegsberatung in der Industrie durch Energieberater
Energieberatungs-stellen und/oder -sprechstunden für Haushalte
Ausbau des öffentlichen Personennahverkehrs
Umstellung auf emissionsarme und effiziente Fahrzeug-antriebe
Installation von Wärmepumpen und direktelektrischen Heizungen
Installation einer verbesserten Wärmedämmung
Energiesparleitfaden für Haushalte
Einführung gesetzlicher Mindesteffizienzstandards
Ausbildung von Energieberatern
Erhebung des heutigen und zukünftigen Mobilitätsbedarfs
Erhebung des Gebäude-bestands und seiner energetischen Qualität
Motivation zur Nutzung emissions-armer Verkehrsmittel
Förderung von Elektro-mobilität durch Aufbau von Ladeinfrastruktur

DAS MONITORING:

MASSNAHMEN UND IHRE WIRKUNG KONTINUIERLICH ÜBERPRÜFEN

1. DAS VORGEHEN BEIM MONITORING

Für die erfolgreiche Umsetzung von Energiekonzepten ist eine kontinuierliche Überprüfung der Maßnahmen und ihrer Auswirkungen notwendig, damit etwaige Defizite und Anpassungsbedürfnisse schnell erkannt werden. Dafür empfiehlt sich ein systematisches Monitoring.

Mit einem Monitoring wird überprüft, inwieweit die beschlossenen Maßnahmen eines Energiekonzeptes umgesetzt werden und welche Wirkung die Umsetzung zeigt, sprich welchen Fortschritt die Transformation des Energiesystems macht. So wird einerseits sichergestellt, dass Maßnahmen tatsächlich wie geplant durchgeführt werden, andererseits zeigt sich beim Monitoring, ob Anpassungen und Änderungen der Maßnahmenpläne erforderlich sind. Das Monitoringkonzept umfasst folgende Schritte:

1) Festlegen einer für die Steuerung und Durchführung des gesamten Prozesses verantwortlichen Person oder Organisationseinheit (Energieabteilung, Energie- oder Klimaschutzmanager/-in)
2) Die politischen Gremien beschließen nach Prüfung der im Energiekonzept vorgeschlagenen Energieszenarien jeweils ein Zielszenario für das Jahr 2020 und das Jahr 2025, die erreicht werden sollen.
3) Auswahl und Bestimmung der Maßnahmen, die zur Erreichung der Zielszenarien erforderlich sind
4) Für die ausgewählten Maßnahmen werden Indikatoren festgelegt, mit denen der jeweilige Umsetzungsgrad quantifiziert werden kann (zum Beispiel installierte Photovoltaikleistung in MW oder Erweiterung des schienengebundenen Nahverkehrsnetzes in km). Für diese Indikatoren werden die Zielgrößen für die Jahre 2020 und 2025 ermittelt. Es wird festgelegt, ob der Ausbau linear (jedes Jahr zum Beispiel dieselbe Zubauleistung) oder exponentiell (jedes Jahr dieselbe Wachstumsrate) oder in anderer Art und Weise erfolgen soll.
5) Beschluss und Veröffentlichung der Maßnahmen, der quantifizierten Ziele und Ausbaupläne durch die politischen Gremien
6) Erstellen einer Übersicht mit allen Maßnahmen und Indikatoren sowie deren geplante Entwicklung bis zum Jahr 2020 und 2025 als Sollvorgabe
7) Es wird empfohlen, seitens der Stadt gegebenenfalls Fördermechanismen und Anreize zu schaffen beziehungsweise Sanktionen zu beschließen, um die vereinbarten Maßnahmen und Ziele erfolgreich zu erreichen.
8) jährliche Erhebung der Indikatoren und Vergleich mit den Sollvorgaben sowie Erstellung eines Jahresberichts mit einer übersichtlichen Darstellung, in welchen Bereichen die Maßnahmenumsetzung im Plan liegt und in welchen Bereichen der Plan nicht erreicht wurde
9) Ergänzung der Umsetzungsübersicht mit Erläuterungen sowie Bewertung, worauf ein etwaiges Nichterreichen der Sollvorgaben bei einzelnen Indikatoren zurückzuführen ist (zum Beispiel auf unerwartete technische oder Rahmenbedingungen – gesetzliche Regelungen oder wirtschaftliche Entwicklung –, auf fehlende finanzielle oder personelle Ressourcen etc.)
10) bei Bedarf Überarbeitung der Zielsetzungen für die Indikatoren für die folgenden Jahre, um entweder die ursprünglichen Ziele noch zu erreichen oder um die Ziele anzupassen

2. DIE ERSTELLUNG EINER ENERGIE- UND KLIMABILANZ

Im Rahmen des Monitorings gilt es zu überprüfen, wie sich der Energieverbrauch und die Energieerzeugung sowie der Anteil der erneuerbaren Energien entwickeln. Für diese Überprüfung muss eine Energie- und Klimabilanz erstellt und jährlich aktualisiert werden. Dazu eignet sich folgendes Vorgehen:

1) Als Erstes werden die relevanten Daten festgelegt, die in die Bilanz einfließen sollen. Berücksichtigt werden sollten die Sektoren Strom, Wärme, Kälte und lokale Mobilität. Die Entscheidung, welche Parameter in der Bilanz erfasst und damit jährlich zu aktualisieren sind, ist einerseits davon abhängig, wie wichtig diese Parameter für die Bilanz sind, und andererseits davon, inwieweit die entsprechenden Daten verfügbar sind beziehungsweise welcher Aufwand erforderlich ist, um sie zu erheben.
2) Alle zu erfassenden Parameter der Bilanz sollten in einem erläuternden Dokument definiert werden. Es sollte auch beschrieben werden, aus welchen Quellen diese konkreten Daten zu beziehen sind und welche Berechnungen oder zusätzliche Annahmen gegebenenfalls erforderlich sind, um die Daten für die Bilanz aufzubereiten.
3) Die Energie- und Klimabilanz sollte jedes Jahr zu einem festen Zeitpunkt erstellt und veröffentlicht werden. Der Zeitpunkt der Erstellung hängt davon ab, ab wann aktualisierte Daten aus dem Vorjahr vorliegen und wie lange die Erstellung dauert. Für die Erstellung und Veröffentlichung ist eine verantwortliche Stelle der Stadtverwaltung zu benennen. Diese Stelle kann die Daten entweder selbst zusammenstellen oder Fachleute damit beauftragen.
4) Zusätzlich zum Datenteil sollte die Bilanz erläutert werden. Beispielsweise ist es wichtig zu bewerten, ob ein möglicher Anstieg des Energieverbrauchs proportional oder deutlich geringer als das Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum war. Andere Einflussgrößen sollten in dieser Bilanz ebenfalls erläutert werden wie zum Beispiel besondere Wetterbedingungen im Berichtszeitraum, die einen Einfluss auf die fluktuierende Einspeisung der erneuerbaren Ressourcen hatten. Durch Vergleich mit Sollwerten sollte festgestellt werden, ob die reale Entwicklung im Rahmen der Erwartungen liegt oder ob es zum Beispiel notwendig ist, Maßnahmen zu verstärken.

Deutsche Gesellschaft für
Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sitz der Gesellschaft
Bonn und Eschborn

Sunflower Tower
Maizidian Str. 37, Chaoyang District
100125 China, Beijing

T +86 10 85275180, F +86 10 85275185

E giz-china@giz.de, I www.giz.de/china