

Joest, Frank; Niemes, Horst; Faber, Malte; Roth, Kurt

Working Paper

Begrenzen Chinas Wasserressourcen seine wirtschaftliche Entwicklung?

Discussion Paper Series, No. 433

Provided in Cooperation with:

Alfred Weber Institute, Department of Economics, University of Heidelberg

Suggested Citation: Joest, Frank; Niemes, Horst; Faber, Malte; Roth, Kurt (2006) : Begrenzen Chinas Wasserressourcen seine wirtschaftliche Entwicklung?, Discussion Paper Series, No. 433, University of Heidelberg, Department of Economics, Heidelberg

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/127251>

Standard-Nutzungsbedingungen:

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Terms of use:

Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.

You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.

If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.

University of Heidelberg

Department of Economics



Discussion Paper Series | No. 433

Begrenzen Chinas Wasserressourcen seine wirtschaftliche Entwicklung?

Frank Jöst, Horst Niemes,
Malte Faber und Kurt Roth

December 2006

Begrenzen Chinas Wasserressourcen seine wirtschaftliche Entwicklung?¹

Frank Jöst*, Horst Niemes*, Malte Faber*, Kurt Roth⁺

* Alfred Weber Institut für Wirtschaftswissenschaften, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg,

+ Institut für Umweltphysik, Ruprecht-Karls-Universität Heidelberg

Abstract:

Dieses Papier untersucht Probleme der Wasserverfügbarkeit in China. Es wird gezeigt, dass - geographisch bedingt - erhebliche regionale Unterschiede in der Verfügbarkeit von Wasser in China existieren. Eine empirische Analyse der regionalen Strukturen der Wasserverfügbarkeit und des Wasserverbrauchs für den Konsum sowie die landwirtschaftliche und industrielle Produktion zeigt, dass insbesondere erhebliche Nutzungskonflikte zwischen Landwirtschaft und Industrie existieren. Ein Szenario zur möglichen künftigen Entwicklung zeigt darüber hinaus, dass sich diese Nutzungskonflikte weiter verschärfen werden. Die damit verbundenen Probleme lassen sich nur durch eine Verbesserung der Effizienz der Wassernutzung verbunden mit einem umfangreichen Transfer von Wasser aus dem Süden in den Norden des Landes lösen. Ohne diese Maßnahmen können die natürlichen Bedingungen zu einer bindenden Restriktion für die künftige wirtschaftliche Entwicklung Chinas werden.

JEL-Classification: Q25, Q32, Q58

Keywords: Wasserressourcen, wirtschaftliche Entwicklung, Umweltprobleme

Kontakt:

Frank Jöst, Universität Heidelberg, Alfred-Weber-Institut für Wirtschaftswissenschaften, Grabengasse 14, 69117 Heidelberg, Tel.: 06221 54-2947.

Email: frank.joest@uni-hd.de.

¹ Wir danken Martin Quaas (UFZ-Leipzig Halle) und Mario Schirmer (UFZ Leipzig-Halle) für kritische Anmerkungen.

1 Einleitung

Die Wirtschaft Chinas ist derzeit eine der am schnellsten wachsenden Ökonomien der Welt. Aufgrund der Größe des Landes insbesondere der hohen Einwohnerzahl, die sich immer mehr an westlichen Konsummustern orientieren, hat die wirtschaftliche Entwicklung Chinas weitreichende Auswirkungen auf die Weltwirtschaft. Man kann dies gegenwärtig beispielsweise an der Entwicklung der Stahlpreise aber auch der Ölpreise sehen, die unter anderem durch die große Nachfrage Chinas ein bisher unbekanntes Niveau erreicht haben.

Der Wirtschaftsboom in China hat aber nicht nur Auswirkungen auf die Weltwirtschaft; denn mit der Steigerung der inländischen Produktion nimmt der Ressourcenverbrauch zu und die Umwelt wird durch die erheblich steigenden industriellen Emissionen und Abfälle belastet. Die dadurch ausgelösten Veränderungen der Umweltbedingungen haben unter Umständen weitreichende Konsequenzen für die zukünftige wirtschaftliche und soziale Entwicklung in China. Beides, eine zunehmende Verschmutzung der Umwelt und der schnelle Abbau nichtregenerierbarer Ressourcen, können langfristig negative Folgen für die wirtschaftliche Entwicklung des Landes haben und zu erheblichen sozialen Problemen führen. Ob diese im Laufe der Industrialisierung auftretenden Ressourcen- und Umweltprobleme für die Entwicklung der Ökonomie Chinas ein begrenzender Faktor werden können, wollen wir im Folgenden anhand der Probleme der Wassernutzung untersuchen. Wie wichtig Wasser als Wachstumsfaktor ist, deutet das Schlagwort an: Öl als Gold des 20. Jahrhunderts werde von Wasser, dem Gold des 21. Jahrhunderts abgelöst.

Die Analyse der Probleme der Wassernutzung ist von besonderer Bedeutung, da Wasser für alle Lebewesen ein unverzichtbares Lebensmittel darstellt; gleichzeitig ist Wasser ein wesentlicher Input in der landwirtschaftlichen und der industriellen Produktion (Benndorf 2003:5). Damit sind die Menge und Qualität der zur Verfügung stehenden Wasserressourcen sowie deren räumliche und zeitliche Verteilung ein wesentlicher Faktor für die wirtschaftliche und soziale Entwicklung eines Landes. Diese Faktoren werden zum einen durch physikalisch-geographische Bedingungen beeinflusst. Zum anderen bestimmt die Bevölkerungsentwicklung und deren räumliche Verteilung sowie die wirtschaftliche Entwicklung eine wesentliche Rolle.

Ziel der nachfolgenden Untersuchung ist es aufzuzeigen, dass in China eine erhebliche räumliche Diskrepanz zwischen der Verfügbarkeit von Wasserressourcen hoher Qualität und dem Verbrauch dieser Ressourcen besteht. Diese Diskrepanz, die lange Zeit keine bindende Restriktion für die wirtschaftliche Entwicklung Chinas darstellte, kann zunehmend zu einem Problem sowohl für die ökonomische als auch soziale Entwicklung des Landes werden.² Diese möglicherweise entstehenden Probleme sollen beschrieben werden und es soll diskutiert werden, wie diesen Problemen begegnet werden kann.

Hierzu werden in Kapitel 2 die wesentliche physikalische Bedingungen wie Topografie, Klima, Boden, Niederschläge anhand von Karten veranschaulicht sowie die räumliche und zeitliche Verteilung der Wasserressourcen analysiert. Ferner wird auf der Grundlage der gegenwärtigen Bevölkerungs- und Wirtschaftsentwicklung die sich daraus ergebende Nutzung der Wasserressourcen ermittelt. In Kapitel 3 wollen wir die vorhandene ungleiche räumliche Verteilung zwischen Wassernutzungen und -ressourcen in messbare Größen überführen. Auf dieser Basis untersuchen wir, ob sich die ungleiche Verteilung zwischen der Nutzung der Wasserressourcen, insbesondere zwischen der Landwirtschaft und der Industrie sowie der erwarteten Bevölkerungsentwicklung aufgrund der angestrebten entwicklungspolitischen Zielen bis zum Jahr 2050 weiter verschärft. In Kapitel 4 werden Hemmnisse für die wirtschaftliche Entwicklung bis 2050 aufgrund von Knappheiten der Wasserversorgung erläutert und Wege aufgezeigt, wie diese überwunden werden können.

Zentrales Ergebnis unserer Analyse ist, dass Chinas Wasserressourcen ein zentraler Engpass seiner wirtschaftlichen Entwicklung sein kann und dass dieser nur langfristig überwunden werden kann.

² Zu den Schwierigkeiten dieser Fragestellung vgl. beispielsweise Wang et al. (1999).

2 Stand der Nutzung der Wasserressourcen in China

2.1 Wesentliche physikalische Bedingungen der Wasserressourcen in China

China liegt im Südosten von Eurasien und bedeckt eine Landfläche von 9,6 Millionen km², was einem Fünftel der gesamten Landoberfläche der Erde entspricht. Die topographische Karte in Abbildung 1 zeigt, dass China überwiegend gebirgig ist. Dabei steigt das Land nach Westen in großen Staffeln zum Hochland von Tibet auf, das von Randketten gesäumt wird und Höhen von 5.000 bis 8.000 m erreicht. Dagegen erreichen die Mittelgebirge Südchinas nur Höhen von 1.500 m.



Abbildung 1: Die Höhenkarte von China. Quelle: Heilig (1999).

Von den Bergketten, die die Grenze zu Nordchina bilden, fällt das Hochland des Innern stufenförmig mit Randgebirgen zur großen chinesischen Tiefebene ab (grüne Fläche), die sich südlich bis zum unteren Chang Jiang (Yangtze Fluss) erstreckt. Die Küste Nordchinas ist flach, die Südchinas bergig, buchten- und inselreich.

Bedingt durch die große Landfläche und komplexe Topografie ist das Klima in den verschiedenen Landesteilen extrem unterschiedlich und komplex. Chinas Klima reicht von der heißen Zone im Süden (Hainan) bis in die gemäßigte Zone mit winterkaltem Klima in der Mitte Chinas. Darüber hinaus liegt China im Einflussgebiet starker südöstlicher und südwestlicher Monsunwinde und hat trotz seiner südlichen Lage starke zeitliche Temperaturschwankungen.

Wie in Abbildung 2 dargestellt ist, finden sich in China extreme Unterschiede in der räumlichen Verteilung der jährlichen Niederschlagsmenge von 6.190 km³.

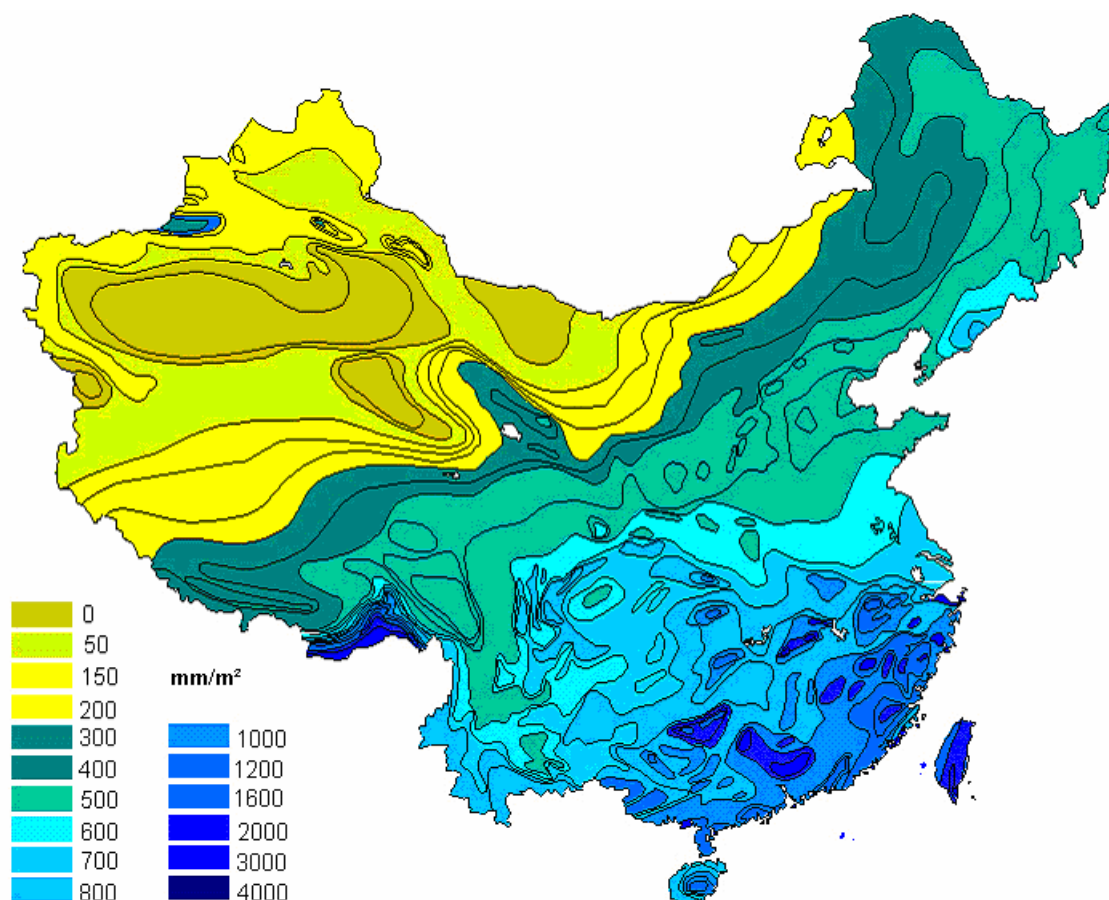


Abbildung 2: Räumliche Verteilung der jährlichen Niederschläge in China. Heilig (1999).

Während in den Küstengebieten im Südosten und in Teilen des Südwestens Niederschläge von 2000 mm gemessen werden (blaue Flächen), liegen diese im Nordwesten bei gewöhnlich unter 200 mm (gelbe Flächen), im Tarim und Turpan Becken in Xinjiang und Chaidamu Becken in Qinghai nur bei 50 mm (hellgrüne Flächen) und in den geschlossenen Becken im Zentrum von China, die keinen Abfluss zum Meer haben, sogar unterhalb von 25 mm (braun-grüne Flächen) pro m² (MWR 2002: 5). Die sich hieraus ergebende durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge von 648 mm

pro m² für China liegt damit 19% unterhalb der auf die Landfläche der Erde nieder-
gehenden Niederschläge von durchschnittlich 800 mm pro m².

China hat eine große Anzahl an Flüssen mit einer Gesamtlänge von 420.000 km.
Von mehr als 50.000 Flüssen wird jeweils ein Gebiet größer als 100 km² entwässert;
mehr als 1500 Flüsse haben sogar ein Entwässerungsgebiet größer als 1.000 km².
Auch die Oberflächengewässer in China sind räumlich ungleich verteilt. Die meisten
Flüsse, die ins Meer münden, liegen in den feuchten Monsungebieten im Süden und
Osten von China. Die beiden größten Flüsse sind der Yangtze (Yangtze River) und
der Gelbe Fluss (Yellow River), die eine Länge von 6.300 km bzw. 5.464 km haben
und nach dem Amazonas und Nil zu den längsten Flüssen der Erde zählen (Hydro-
sult Canada Inc 2000: 33).

Wie in Abbildung 3 dargestellt ist, kann China in 9 Flussgebiete unterteilt werden.

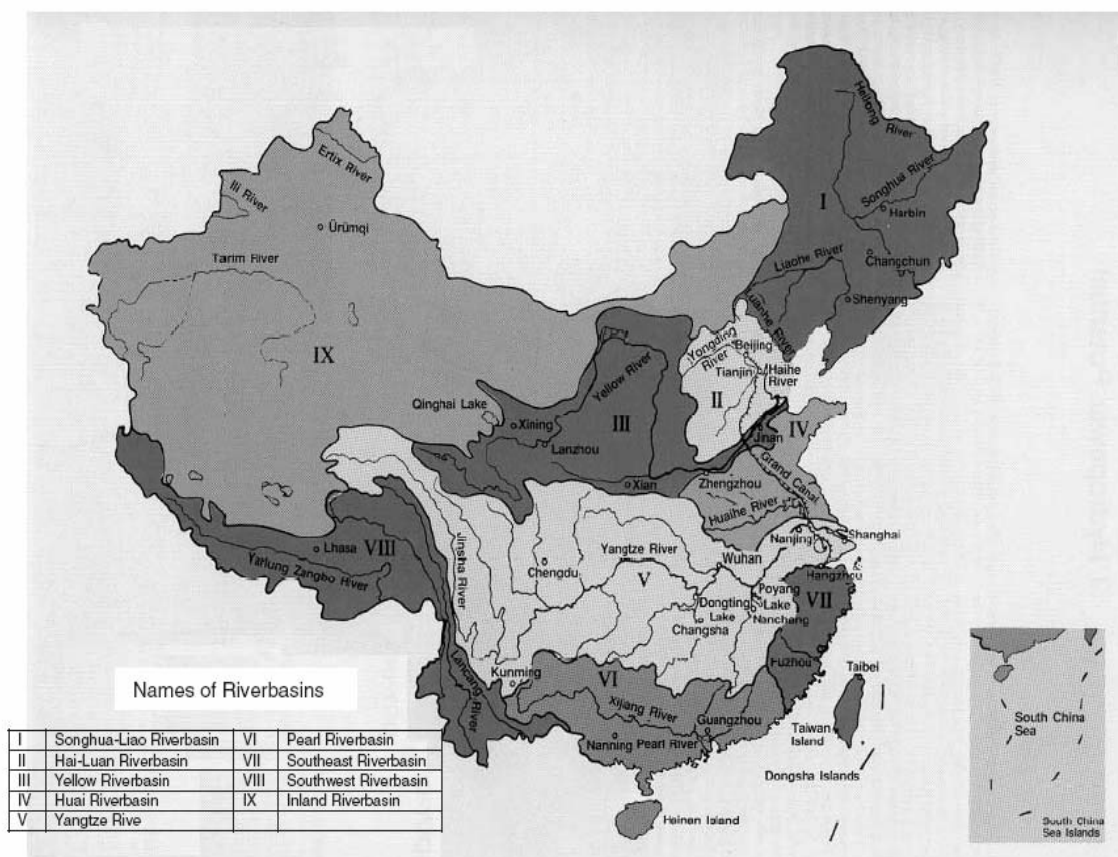


Abbildung 3: Die wichtigsten Flusseinzugsgebiete in China. Quelle: Shen (2004:346).

Dabei werden große Flussgebiete mit benachbarten kleineren Gebieten zusammen-
gefasst und unterschieden, ob die Flussgebiete in das Meer oder Binnenland ent-
wässern. Für unsere Untersuchung ist eine gröbere Unterteilung der Flussgebiete in

eine Nordregion mit den Flussgebieten des Songhua-Liaohe (I), Haihe (II), Yellow (III), Huaihe (IV) Flusses einschließlich der ins Binnenland entwässerten Flüsse (Inland Riverbasin IX) und eine Südregion mit den Einzugsgebieten des Yangtze (V) und Pearl Flusses (VI) sowie die Flüsse im Südosten und –westen (VII und VIII) ausreichend.

2.2 Die räumliche Verteilung der Wasserressourcen in China

Da das Vorkommen und die Erneuerbarkeit von Wasserressourcen vorrangig von der räumlichen und zeitlichen Verteilung der Niederschlagsmengen abhängt, ergibt sich daraus auch eine entsprechende ungleiche Verteilung der Wasserressourcen. Dies ist von Bedeutung, da - abgesehen von anderen marginalen Quellen - die Oberflächengewässer und die Grundwasserleiter die beiden wesentlichen Quellen Befriedigung der Wassernachfrage für unterschiedliche Verwendungen darstellen.

Für das Jahr 2002 wird das angegebene Gesamtvolumen an Oberflächenwasserressourcen in den Flüssen mit 2711,5 km³ angegeben. (vgl. Tabelle 1 Spalte 1). Zur Erneuerung der Wassermengen in den Fließgewässern tragen die Niederschläge zu 71%, das im Boden gespeicherte Grundwasser zu 22% und das Schmelzwasser von Gletschern und Schnee zu 7% bei.

Wie viel Volumen an Grundwasserressourcen im Boden gebildet wird, hängt nicht nur von den Niederschlagsmengen, sondern auch von den Wassermengen ab, die aus den Oberflächengewässern den Grundwasserleitern zu- bzw. von dort wieder in die Oberflächengewässer zurückfließen. Je nach Wasserstand werden in den tiefer liegenden Gebieten die Grundwasserspeicher auch über die Oberflächengewässer gefüllt, während umgekehrt in den höher liegenden Gebieten die Grundwasserleiter Wasser an die Oberflächengewässer abgeben. Deshalb kommt es in der Tabelle 1 zu Doppelzählungen, so dass die Summe der Spalten 2 und 3 größer ist als die Werte in Spalte 4. In Spalte 3 der Tabelle 1 ist das jährliche Gesamtvolumen an Grundwasserressourcen in China im Jahr 2002 differenziert nach den Flussgebieten sowie der Nord- und Südregion angegeben.

In den fünf nördlichen Flussgebieten entspricht das jährliche Gesamtvolumen der verfügbaren Wasserressourcen (vgl. Spalte 4 in Tabelle 1³) von 535,8 km³ einem Anteil von nur 19%, in den südlichen vier Flussgebieten entspricht das Volumen in

³ Die Werte in Spalte 3 entsprechen nicht der Summe der Spalten 1 und 2, da zwischen dem Oberflächenwasser und dem Grundwasser Austauschbeziehungen existieren.

Höhe von 2274,6 km³ dagegen einem Anteil von 81% an den gesamten Wasserressourcen Chinas; es besteht also ein deutliches Gefälle zwischen den Wasserressourcen im Norden und Süden Chinas. Verstärkt wird dieses Nord-Süd-Gefälle durch starke saisonale und jährliche Schwankungen in den Niederschlägen, die regelmäßig zu Hoch- und Niedrigwassersituationen führen. Damit wird eine stabile Bewirtschaftung der Wasserressourcen wesentlich erschwert.

Flussgebiet	Oberflächenwasser (km ³)	Grundwasser (km ³)	Insgesamt verfügbare Wassermengen (km ³)
China	2711,5	828,8	2810,4
Songhua-Liaohe	165,3	62,5	192,8
Haihe	28,8	26,5	42,1
Huahie	74,1	39,3	96,1
Yellow	66,1	40,6	74,4
Inland Rivers	116,4	86,2	130,4
North	450,7	255,1	535,8
Yangtze	951,3	246,4	961,3
Pearl	468,5	111,6	470,8
Southeast Rivers	255,7	61,3	259,2
Southwest Rivers	585,3	154,4	583,3
South	2260,8	573,7	2274,6

Tabelle 1 Jährliche Wasserressourcen (Oberflächenwasser und Grundwasser gemessen in km³) nach Flussgebieten. Quelle MWR (2004b).

2.3 Die räumliche Verteilung der Bevölkerung, der wirtschaftlichen Aktivitäten und Wassernutzungen in China

Im Jahr 2006 hat China etwas mehr als 1,3 Milliarden Einwohner. Die Bevölkerung Chinas lebt vorwiegend in den nord- und südöstlichen Regionen des Landes und dort vor allem in den Tiefebene, den breiten Flussgebieten und den Küstenzonen (vgl. Abbildung 4). Die extreme ungleiche räumliche Verteilung der Bevölkerung zeigt sich auch daran, dass 92 % der Bevölkerung auf rd. 44 % der Gesamtfläche Chinas leben. Dabei leben in den Ebenen des unteren und mittleren Yangtze zum Teil über

2.000 Einwohner pro km², während riesige Gebiete der Westprovinzen weniger als 1 Einwohner je km² haben.⁴ In dem noch immer stark von der Landwirtschaft geprägten Land liegt der Verstädterungsgrad bei 35%. Allerdings ist damit zu rechnen, dass der Verstädterungsgrad während der nächsten Jahrzehnte stark ansteigt. Insbesondere werden die Ballungsräume um die Megastädte im Osten Chinas durch eine zunehmende Landflucht stark anwachsen (vgl. zur Verstädterung auch Quaas 2004).

China: Population Density

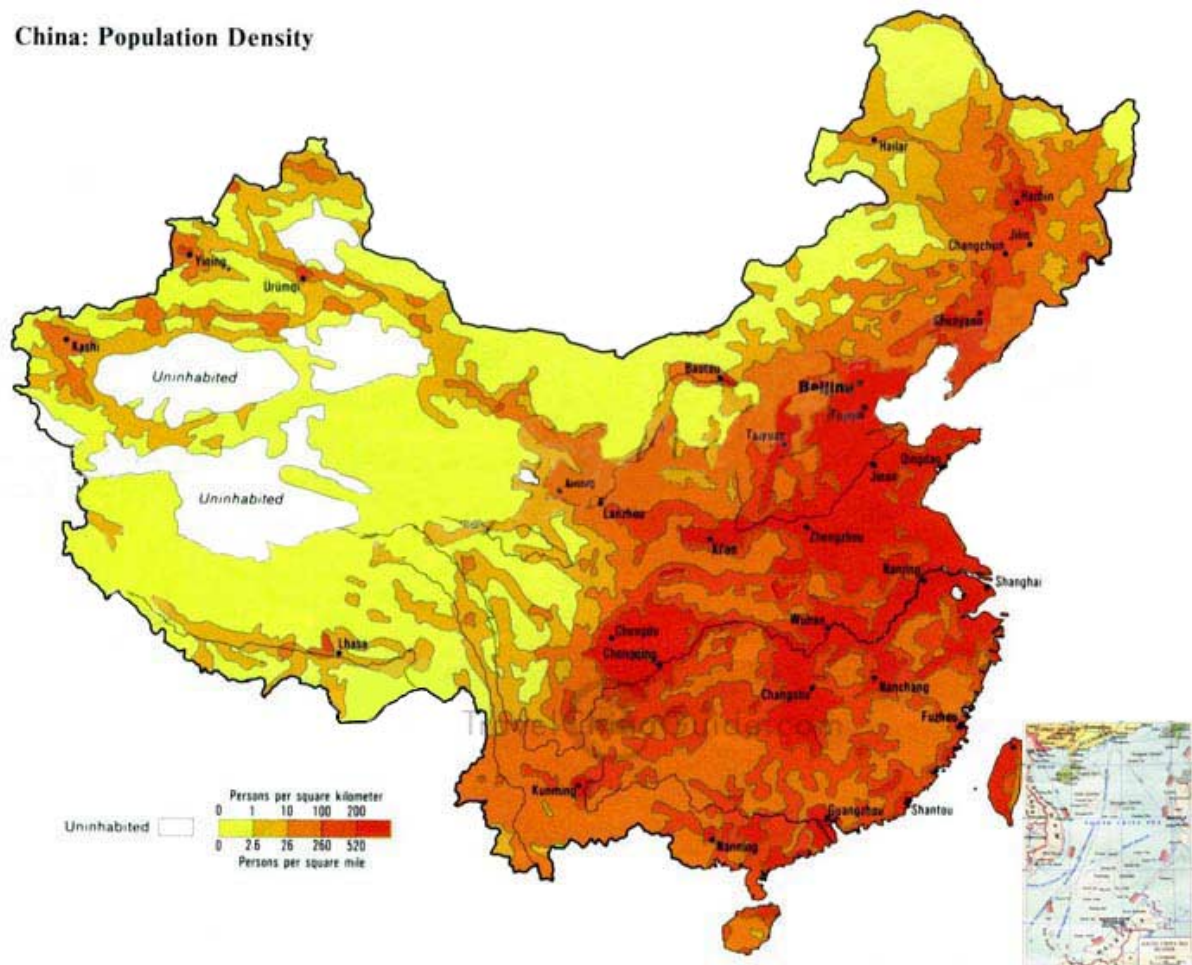


Abbildung 4: Bevölkerungsdichte in China. Quelle: Heilig (1999).

Entsprechend der extremen ungleichen Verteilung der Bevölkerung liegt auch der Schwerpunkt der wirtschaftlichen Aktivitäten in den nord- und südöstlichen Landesteilen. Die landwirtschaftlichen Nutzflächen liegen dabei überwiegend in den Tiefebene der großen Flusseinzugsgebiete im Nordosten des Landes, da dort durch Überschwemmungen fruchtbare Böden entstanden sind (vgl. Abbildung 5). Allerdings verfügen die Regionen des Nordostens mit den fruchtbarsten Böden über wesentlich weniger Wasser als die des Südens des Landes.

⁴ In der Bundesrepublik Deutschland leben 231 Einwohner pro km² (IDW 2005).

Die industriellen Aktivitäten liegen wie die Landwirtschaft in den östlichen Landesteilen von China und dort in den letzten Jahren mit einem verstärkten Trend in die Küstenstädte und -regionen, in denen sich die Freihandelszonen für ausländische Investoren befinden und entsprechende Investitionen in die Infrastruktur vorgenommen worden sind.

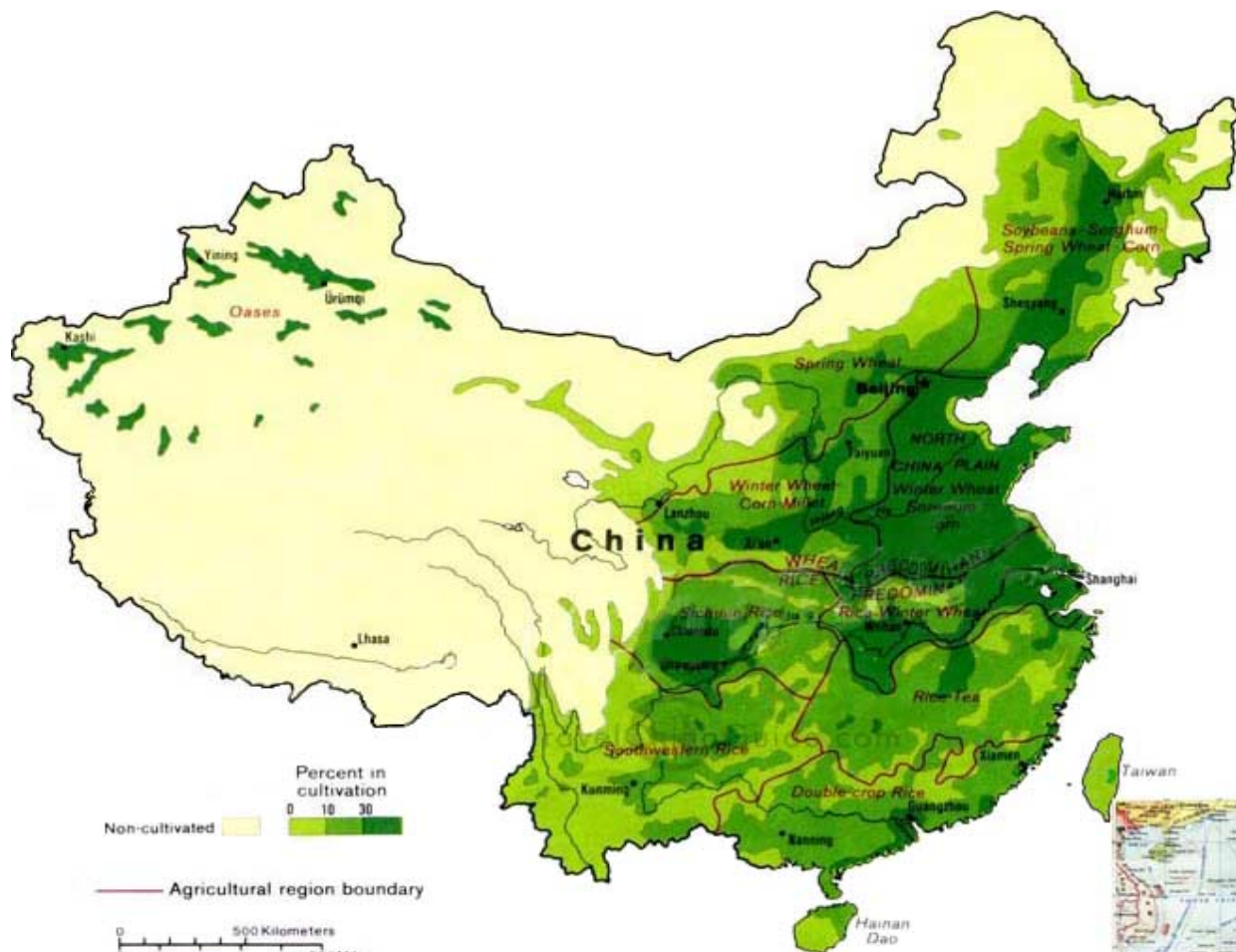


Abbildung 5: Landwirtschaftliche Nutzflächen in China Quelle: International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). Heilig, G.K. (1999).

Unterscheidet man bei den Wassernutzungen lediglich die Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Haushalte, dann ergeben sich folgende räumliche Diskrepanzen zwischen der sektoralen und regionalen Struktur der gegenwärtigen Wassernutzungen und den regional verfügbaren Wasserressourcen.⁵ Obwohl im Norden Chinas 46 % der Bevölkerung leben und dort ein Anteil von 45 % der insgesamt in China erforderlichen Wasser gewonnen wird, stehen dort aufgrund der geographischen und klimatischen Bedingungen lediglich 20 % der gesamten chinesischen Wasserressourcen

⁵ In einer tiefer gehenden Analyse würde man eine Unterteilung in einzelne Industriesektoren vornehmen und dabei auch die besonders wasserverbrauchsintensiven Sektoren hervorheben.

zur Verfügung. Im Süden gibt es beträchtliche Flusswassermengen. Im Norden ist man dagegen im stärkeren Maße auf die Grundwasserressourcen angewiesen. Die in Tabelle 2 dargestellte sektorale Verteilung der Wassergewinnung differenziert nach Sektoren zeigt, dass für Chinas Landwirtschaft die meisten Wasserressourcen verwendet werden. Von der insgesamt gewonnenen Wassermenge von 549,7 km³ gehen 68 % in die Landwirtschaft und davon 90,3 % in die landwirtschaftliche Bewässerung. Für die Industrie und die Haushalte werden 114,2 (20,8%) bzw. 61,8 km³ (11,2 %) der im Jahre 2000 gewonnenen Wassermenge bereitgestellt.

Flussgebiet	Landwirtschaft (km ³)	Industrie (km ³)	Haushalte (km ³)	Wassergewinnung gesamt (km ³)
China	373,618	114,236	61,874	549,728
Songhua-Liaohe	40,825	10,517	5,262	56,605
Haihe	28,649	6,179	5,154	39,983
Huahie	44,739	9,321	7,158	61,218
Yellow	29,896	5,472	3,493	38,861
Inland Rivers	54,007	1,548	1,935	57,491
North	198,116	33,037	23,002	254,158
Yangtze	93,389	53,290	21,552	168,231
Pearl	54,916	18,256	11,907	85,078
Southeast Rivers	18,439	9,011	4,481	31,931
Southwest Rivers	8,757	0,642	0,932	10,330
South	175,501	81,199	38,872	295,57

Tabelle 2. Wassergewinnung nach Sektoren und Flussgebieten im Jahr 2000. Quelle: MWR (2004b).

3 Die räumliche und zeitliche Verteilung der Schwerpunkte für die Nutzung der Wasserressourcen in China

Die Beschreibung der Klimabedingungen in China und der Verteilung von Wasserressourcen, Bevölkerung und Wirtschaft im vorangegangenen Kapitel, legt den Schluss nahe, dass es in China eine Diskrepanz zwischen der räumlichen Verteilung der Wasserressourcen sowie der Verteilung der Bevölkerung und der wirtschaftlichen Aktivitäten gibt. Im Folgenden wollen wir diese Diskrepanz zwischen Wasserverfügbarkeit und Wasserverwendung quantifizieren. Dabei werden wir zunächst in Abschnitt 3.1 die gegenwärtige Situation darstellen. In Abschnitt 3.2 werden wir eine Modellrechnung vorstellen, die eine mögliche zukünftige Entwicklung der Differenzen beschreibt.

Wir verwenden zur Quantifizierung der Differenzen zwischen Wassernutzung und Wasserverfügbarkeit ein Verfahren, das der Schwerpunktsbestimmung in der klassischen Mechanik entspricht und in der Statistik als Bestimmung des gewöhnlichen Moments erster Ordnung bekannt ist. Die Methode und das verwendete Maß für die Ungleichheit sind im Anhang A1 beschrieben.

3.1 Die räumliche Verteilung der Schwerpunkte für die gegenwärtige Wasserressourcennutzung in China

Für eine detaillierte Analyse der Diskrepanz zwischen der räumlichen Verteilung der verfügbaren Wasserressourcen und der Wassernutzung für den Konsum, die Landwirtschaft und die Industrie werden Daten für die einzelnen Provinzen zugrundegelegt. Diese finden sich in den Tabellen T1 und T2 in Anlage A2. Da die Schwerpunktmessung invariant bezüglich des Bezugspunktes ist (vgl. Anhang A1), können wir diesen frei wählen. Wir haben Peking als Bezugspunkt unsere Analyse gewählt. In Bezug auf diesen berechnen wir zunächst den Bevölkerungsschwerpunkt. Dieser dient dann als Referenzpunkt, um die Schwerpunkte der folgenden Größen zu ermitteln:

- die Niederschläge, die Oberflächen- und Grundwasserressourcen und deren Gesamtmengen,

- die produzierten Wassermengen aus den Oberflächen-, Grundwasser- bzw. anderen Wasserressourcen, und schließlich
- die genutzten Wassermengen in den Sektoren Landwirtschaft, Industrie und Haushalte.

Die Ergebnisse unserer Berechnungen sind in Tabelle 3 aufgeführt.

Jahr 2002 Parameter	Geometrische Werte für die Abstände der Parameter bezogen auf den Bevölkerungsschwerpunkt	
	Kreiswinkel (Grad)	Radiale Länge (Km)
Niederschläge	190	502
Oberflächige Wasserressourcen	207	651
Grundwasserressourcen	189	652
Nicht erneuerbare Wasserressourcen	75	639
Wasserressourcen insgesamt	206	612
Wasserressourcen Pro Kopf	179	1.715
Bevölkerung	254	840
Wassergewinnung aus		
Oberflächige Wasserressourcen	188	155
Grundwasserressourcen	80	587
Nicht erneuerbaren Wasserressourcen	217	394
Wassergewinnung insgesamt	138	140
Wassernutzung im Sektor		
Landwirtschaft	141	268
Industrie	338	173
Haushalte	286	82
Wassernutzung insgesamt	138	140

Tabelle 3: Schwerpunkte, Abstände und Richtungswinkel für ausgewählte Parameter in Bezug zum Bevölkerungsschwerpunkt.⁶

Die Karte in Abbildung 6 veranschaulicht zunächst den Abstand und Richtungswinkel für den Bevölkerungsschwerpunkt in Bezug zu Peking (kräftige schwarze Linie). Der Bevölkerungsschwerpunkt für das Jahr 2002 liegt ungefähr 840 km von der Hauptstadt Peking entfernt; sein Richtungswinkel beträgt 254 Grad.⁷ Die kräftige blaue Linie zeigt den Abstand und Richtungswinkel zwischen dem Schwerpunkt der Niederschläge und dem Bevölkerungsschwerpunkt. Die kräftige grüne bzw. rote Linie gibt den Abstand und Richtungswinkel zwischen den Wasserressourcen bzw. für die Wassernutzung insgesamt und dem Bevölkerungsschwerpunkt an.

⁶ Die Detaillierten Ergebnisse der Berechnungen finden sich in den Tabellen T-1 und T-2 im Anhang A2.

⁷ Hier und im folgenden immer gegen den Uhrzeigersinn gemessen.



Abbildung 6: Administrative Einheiten (Provinzen) in China mit dem eingezeichneten Bevölkerungsschwerpunkt und den relativen⁸ Schwerpunkten für die Niederschläge, Wasserressourcen und Wassernutzungen insgesamt. Quelle: Heilig (1999).

Im Einzelnen erhalten wir die folgenden Ergebnisse, die zum besseren Verständnis auch in den Abbildungen 7 a, b und c skizziert werden:⁹

1. **Wasserressourcen Abbildung 7a):** Der Schwerpunkt für die Grundwasserressourcen (Pfeil 2) hat einen radialen Abstand vom Bevölkerungsschwerpunkt von 652 km und einen Richtungswinkel von 189 Grad, liegt also knapp im südwestlichen Quadranten. Betrachtet man den der Schwerpunkt für die Wasserressourcen insgesamt (Pfeil 4), zeigt sich, dass dieser mit 612 km noch weiter vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt ist als der Schwerpunkt der Niederschläge, der in einem Winkel von 190 Grad und einem Abstand von

⁸ Diese Schwerpunkte sind relativ bezüglich des Bevölkerungsschwerpunktes, weil für deren Berechnung für die Abstände und Richtungswinkel nicht der ursprüngliche Bezugspunkt, die Stadt Peking, sondern der Bevölkerungsschwerpunkt als Bezugspunkt gewählt wird.

⁹ Der Kreis markiert eine Entfernung von 500 km. Die Winkelgrade werden gegen der Uhrzeigersinn angegeben, und zwar wird die östliche Richtung gleich 0 Grad, der Norden gleich 90 Grad, der Westen gleich 180 Grad und der Süden gleich 270 Grad gesetzt.

502 km vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt liegt. Der weiter nach Süden gedrehte Richtungswinkel von 206 Grad bestätigt die ungleiche Verteilung zwischen den Wasserressourcen und der Bevölkerung.

Aufgeschlüsselt nach den einzelnen Wasserressourcen ergibt sich, dass insbesondere die Verfügbarkeit von oberflächigen Wasserressourcen (Pfeil 1) mit einem radialen Abstand von 651 km und einen Richtungswinkel von 207 Grad für diese südwestliche Ausrichtung bestimmt wird. Die verfügbaren erneuerbaren Grundwasserressourcen (Pfeil 2) haben zwar einen nahezu gleichen Abstand, jedoch mit einem Richtungswinkel von 189 Grad eine etwas mehr nach Westen gehende Ausrichtung. Das Potential an nicht erneuerbaren Grundwasserressourcen (Pfeil 3) hat mit einem Abstand von 639 km eine völlig konträre Ausrichtung. Der Richtungswinkel von 75 Grad gibt an, dass diese mengenmäßig geringen Ressourcen im ersten Quadranten, also nordöstlich vom Bevölkerungsschwerpunkt liegen.

2. **Wassergewinnung** (Abbildung 7b). Es ist davon auszugehen, dass der Schwerpunkt für die Wassergewinnung insgesamt in der Nähe des Bevölkerungsschwerpunkts liegt (Pfeil 4). Der Schwerpunkt der Wassergewinnung aus oberflächigen Wasserressourcen (Pfeil 1) liegt nur 155 km vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt. Sein Richtungswinkel von 189 Grad weist nach Westen. Ein ganz anderes Bild ergibt sich aus dem Schwerpunkt für die Wassergewinnung aus den erneuerbaren Grundwasserressourcen. Dieser liegt 587 km entfernt und hat einen Richtungswinkel von 80 Grad (Pfeil 2). Damit wird bestätigt, dass insbesondere der Norden Chinas sein Wasser aus den Grundwasserressourcen gewinnen muss, weil dort die oberflächigen Wasserressourcen extrem knapp sind.

Die marginalen Mengen an nicht erneuerbaren Grundwasserressourcen (Pfeil 3) liegen 394 km vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt, allerdings mit einem Richtungswinkel von 217 Grad in den südwestlichen Quadranten.

3. **Wassernutzung** (Abbildung 7c) Die Schwerpunkte für die Wassernutzung differenziert nach Haushalten, Industrie und Landwirtschaft führen zu folgenden Ergebnissen. Die Dominanz des landwirtschaftlichen Sektors zeigt sich daran, dass der Richtungswinkel des Schwerpunktes für die landwirtschaftliche Nutzung (Pfeil 1) mit 141 Grad fast identisch ist mit dem Richtungswinkel für die

Wassernutzungen insgesamt ist. Sein Abstand zum Bevölkerungsschwerpunkt beträgt 268 km. Der Schwerpunkt für die industrielle Wassernutzung (Pfeil 2) hat eine Entfernung von 173 km vom Bevölkerungsschwerpunkt, zeigt aber mit dem Richtungswinkel von 338 Grad in die entgegen gesetzte Richtung wie die landwirtschaftliche Nutzung. Während der Richtungswinkel für die landwirtschaftliche Nutzung eine Orientierung in den zweiten Quadranten, d.h. nach Nordwesten ausweist, liegen die industriellen Nutzungen im Südosten. Folglich besteht zwischen beiden Sektoren ein diametrales räumliches Spannungsverhältnis.

Der Schwerpunkt für die häusliche Wassernutzung (Pfeil 3) ist mit 82 km zwar nicht ganz so weit wie die industrielle Wassernutzung vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt, sein Richtungswinkel von 286 Grad zeigt aber ebenfalls nach Süden. Zwischen der häuslichen und landwirtschaftlichen Wassernutzung besteht also wie für die industrielle Wassernutzung ein etwas abgeschwächtes diametrales räumliches Spannungsverhältnis, das sich durch Immigration vom Land in die im Osten Chinas liegenden Megastädte weiter verschärfen wird.

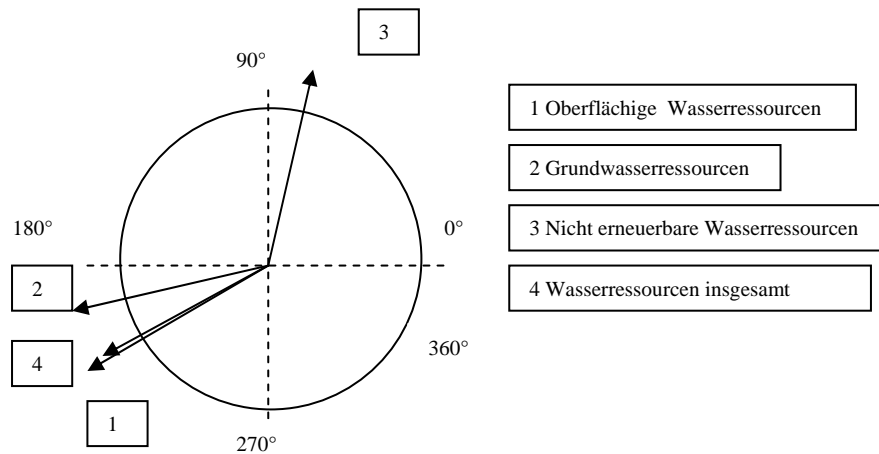


Abbildung 7a: Abstände und Richtungswinkel für die Wasserressourcen - 2002

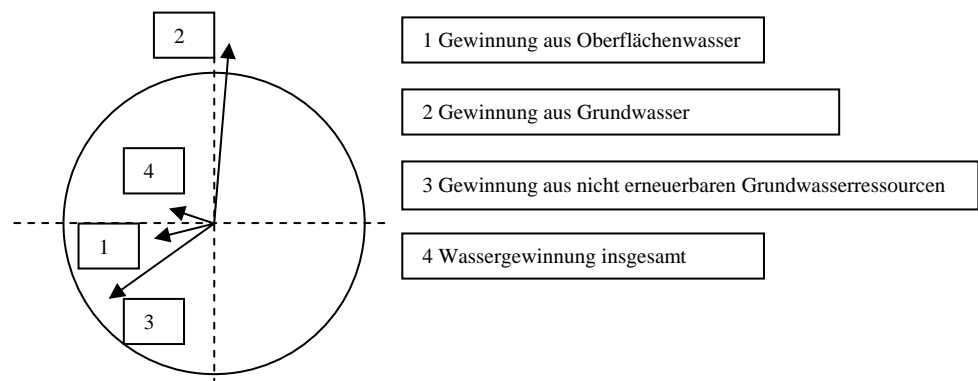


Abbildung 7b: Abstände und Richtungswinkel für die Wassergewinnung - 2002

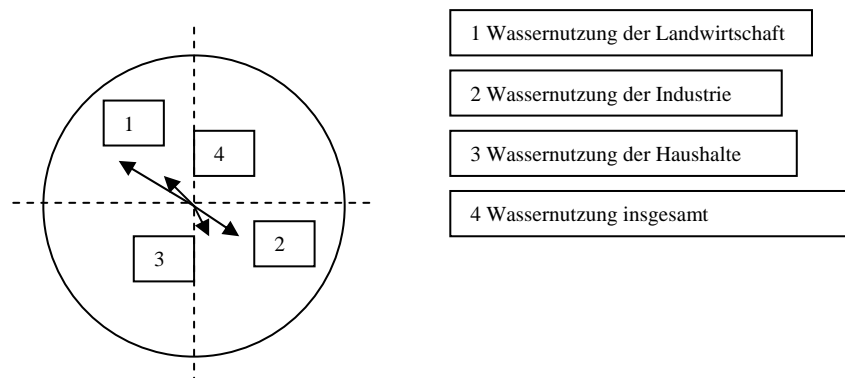


Abbildung 7c: Abstände und Richtungswinkel für die Wassernutzungen - 2002

Unsere Analyse der Struktur der räumlichen Verteilung der Wasserressourcen und der Wassernutzung in China zeigt, dass es zum einen eine Diskrepanz zwischen der Verfügbarkeit von Wasserressourcen insgesamt und der Nutzung gibt. Zum anderen zeigt sich, dass es einen erheblichen Nutzungskonflikt zwischen der Landwirtschaft und der Industrie gibt.

Da das gewählte Messverfahren ohne weiteres um weitere Dimensionen erweitert werden kann, können wir auch die zeitliche Entwicklung in unsere Untersuchung aufnehmen. Insbesondere interessiert uns, ob und wie stark sich die schon heute vorhandenen Ungleichheiten zwischen den Wasserressourcen und Wassernutzungen in Zukunft verschärfen werden.

3.2 Die räumliche Verteilung der Schwerpunkte für die zukünftige Wasserressourcennutzung in China – eine Modellrechnung

Wir wollen im Folgenden untersuchen, ob, bzw. wie sich die Differenzen zwischen den Schwerpunkten der im vorangegangenen Abschnitt untersuchten Größen in China zukünftig ändern können. Wir führen diese Untersuchung auf der Basis einer Modellrechnung durch, der Annahmen bezüglich der Entwicklung der zentralen Modellparameter zugrunde liegen. Diese Annahmen sind im folgenden Abschnitt dargestellt. Diese Modellrechnung soll keineswegs als Prognose der künftigen Entwicklung Chinas verstanden werden. Sie zeigt aber – auf der Basis von nicht ganz unrealistischen Veränderungen von Parametern in der Zukunft – einen Korridor möglicher Entwicklungen in China in Bezug auf die Wassernutzung auf. Dies erlaubt es künftige Probleme zu identifizieren und eine erste vorläufige Antwort auf die Frage, ob, bzw. in welcher Weise, die Knappheit von Wasserressourcen die künftige wirtschaftliche Entwicklung Chinas bestimmen werden.

3.2.1 Annahmen

Der Zeithorizont unserer Berechnungen ist das Jahr 2050. Zur Vereinfachung werden wir bei der Berechnung der Schwerpunkte zunächst von den Annahmen ausgehen, dass es zu keinen gravierenden Veränderungen der natürlichen Bedingungen für die Niederschläge kommt, und dass das gegenwärtige Potential an natürlichen Wasserressourcen auch innerhalb der nächsten 40 bis 50 Jahre verfügbar bleibt. Mögliche Veränderungen des Ressourcenpotentials durch Klimawandel, Bodenerosion und andere Umweltfaktoren werden also nicht berücksichtigt.

Damit werden sich die Schwerpunkte für die Wasserressourcen und -gewinnung nicht verändern. Zu erwarten ist allerdings eine Änderung der Abstände und Richtungswinkel zum Bevölkerungsschwerpunkt und zu den Schwerpunkten zur Wassernutzung in den drei Sektoren, da wir unterstellen, dass sich die Bevölkerung und die Wassernachfrage über die Zeit hinweg verändert.

Prognosen zur der Bevölkerungsentwicklung für sehr lange Zeiträume sind schwierig. Für kürzere Zeiträume von 20 bis 30 Jahre lässt sich dagegen die Bevölkerungsentwicklung recht gut prognostizieren. Dies liegt unter anderem daran, dass die Generation der Mütter, die in den nächsten 20 bis 30 Jahren Kinder zur Welt bringt, bereits heute schon lebt. Hinzu kommt, dass sich sowohl die Sterberaten als auch das Geburtenverhalten sich im Durchschnitt nur langsam verändert, sodass die Unsicherheit über die Bevölkerungsgröße der nächsten 20-30 Jahren gering ist. Dies gilt allerdings nicht in vergleichbarem Maße für die räumliche Verteilung der Bevölkerung innerhalb eines Landes, da Migrationen in der Regel in wesentlich kürzeren Zeiträumen verlaufen, auch wenn bestimmte Tendenzen künftiger Wanderungsprozesse innerhalb Chinas erkennbar sind: so wird die Zuwanderung in die urbanen Ballungsräume andauern.

In den Weltbevölkerungsberichten der Vereinten Nationen (UNFPA 2005) werden in der Regel drei Varianten der künftigen Bevölkerungsentwicklung für die Welt und die einzelnen Staaten berechnet. In der mittleren Varianten der Bevölkerungsprojektion des Weltbevölkerungsberichts der UN aus dem Jahre 1999 wird für China eine Bevölkerungswachstumsrate von knapp unter 0,7 % pro Jahr errechnet. Damit wird die Bevölkerungszahl in den Jahren 2040 bis 2050 auf 1,5 Milliarden Einwohnern ansteigen. Dies wird – bei den gegebenen Annahmen über die Entwicklung der altersspezifischen Fertilitätsraten – das Maximum der Bevölkerungsgröße sein. Nach 2050 gehen die Demographen in diesem Szenario von einer konstanten Bevölkerungsgröße aus. Wir werden für unsere Modellrechnung die Annahmen der mittleren Variante der Bevölkerungsprojektion der UN für China übernehmen.

Die Bevölkerungsbewegung vom Land in die Städte oder Entwicklungszentren, d.h. die zunehmende Urbanisierung Chinas kann durch entsprechend differenzierte Wachstumsraten berücksichtigt werden. Wir unterstellen dabei, dass sich die Urbanisierung und wirtschaftliche Entwicklung in China sich im Wesentlichen auf die schon weiter entwickelten Provinzen konzentriert. Diese Regionen werden anhand des

Human Development Index identifiziert (vgl. Heilig 1999). Für diese Provinzen mit hohem Entwicklungsstand unterstellen wir eine Bevölkerungswachstumsrate (natürliches Bevölkerungswachstum und Zuwanderung) von 0,8%. Für die Provinzen mit mittlerem Entwicklungsstand wird eine Wachstumsrate von 0,4 % und für die niedrig entwickelten Provinzen im Inneren Chinas ein Nullwachstum angenommen.

Beim häuslichen Wasserverbrauch gehen wir davon aus, dass der Verbrauch pro Kopf in China bis 2050 konstant bleibt. Damit steigt der häusliche Wasserverbrauch absolut in Abhängigkeit mit der Bevölkerungsentwicklung. Hinter dieser Annahme können sich zwei gegenläufige Entwicklungen verbergen, die wir in den nächsten Jahrzehnten erwarten. Der heutige Verbrauch pro Kopf und Tag von 219 Litern liegt ungefähr auf dem Niveau, das die europäischen Länder noch in den siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts hatten. Die dann in Europa folgenden massiven Investitionen in den Gewässerschutz und die verursacherorientierte Zuordnung der Kosten für die Wasserversorgung und Abwasserentsorgung haben beispielsweise den häuslichen Wasserverbrauch in Deutschland mittlerweile auf das Niveau von 127 Litern pro Kopf und Tag abgesenkt. Andererseits gibt es in China in den mehr ländlichen Gebieten noch einen Nachholbedarf, um mit sauberem Trinkwasser versorgt zu werden. Wir nehmen deshalb an, dass der durchschnittliche Wasserverbrauch pro Kopf im Mittel auf dem jetzigen Niveau bleibt. Etwaige Abweichungen von dieser Annahme würden sich ohnehin nicht so gravierend auswirken, weil der Verbrauch im Sektor Haushalte nur einen Anteil von ungefähr 10% am Gesamtverbrauch ausmacht.

Die Landwirtschaft ist mit einem jetzigen Anteil von über 68 % am Gesamtverbrauch der eigentliche Großverbraucher. Der Großteil von nahezu 90 % wird für die landwirtschaftliche Bewässerung eingesetzt, deren Effizienz im Vergleich zu den Agrartechniken in hoch entwickelten Ländern mit knappen Wasserressourcen gering ist. Hier liegen also beträchtliche Einsparungspotentiale. Es ist darüber hinaus davon auszugehen, dass in den nächsten Jahren die landwirtschaftlichen Aktivitäten weiter zurückgehen. Ursachen hierfür sind beispielsweise die Verluste an landwirtschaftlichen Nutzflächen durch Bodenerosionen, die Aufgabe landwirtschaftlicher Nutzflächen wegen der in die Städte abwandernde jüngere Generation und die Umwandlung landwirtschaftlicher Flächen in urbane und industrielle Gebiete. Nach dem starken Anstieg der Weizenproduktion von 90 Millionen Tonnen im Jahr 1950 auf 392 Millionen Tonnen im Jahre 1998 ist beispielsweise in den letzten vier bis fünf Jahren

die Eigenproduktion an Weizen auf 322 Millionen zurückgegangen. Die Unterdeckung von 70 Millionen Tonnen Weizen im Jahr 2004 entspricht ungefähr der gesamten Jahresernte von Kanada. Eine ähnliche Entwicklung ist auch bei den anderen Grundnahrungsmitteln wie Mais und Reis zu beobachten.

Die Industrialisierung in China wird den Agrarsektor in den nächsten Jahrzehnten etwas zurückdrängen. Uns erscheint es als zulässig anzunehmen, dass in der Landwirtschaft der Wasserverbrauch innerhalb der nächsten fünf Jahrzehnte nicht konstant bleiben wird, sondern um ca. 20 Prozent insgesamt zurückgeht; was lediglich einem jährlichen Rückgang von weniger als 0,4 % entspricht.

Der Industriesektor in China hat gegenwärtig einen Anteil von ungefähr 20 % am gesamten Wasserverbrauch. Im Vergleich zu den weiter entwickelten Ländern, wo dieser Sektor einen prozentualen Anteil zwischen 40 bis 80 % am gesamten Wasserverbrauch hat, gehen wir davon aus, dass China bis zum Jahr 2050 den unteren Anteil dieses großen Schwankungsbereiches erreicht, also der industrielle Sektor 40 % des gesamten Wasserverbrauchs benötigt. Am Entwicklungspotential orientiert gehen wir davon aus, dass in den weiter entwickelten Gebieten mit einem Anstieg um den Faktor 3 (entspricht 2,32 % Zuwachs pro Jahr) und in den geringer entwickelten Gebieten um den Faktor 2 (entspricht 1,45 % Zuwachs pro Jahr) zu rechnen ist, während in den unterentwickelten Gebieten zumindest der jetzige Anteil am industriellen Wasserverbrauch konstant bleibt. Der industrielle Sektor wächst bezogen auf das Bruttoinlandsprodukt mit gegenwärtig einer Rate von über 10 % zwar wesentlich schneller. Aber die Erfahrungen in den hoch entwickelten Ländern haben gezeigt, dass insbesondere die Industrie beim Wasserverbrauch sehr anpassungsfähig ist, wenn sich die umweltpolitischen Rahmenbedingungen im Wassersektor verändern, zum Beispiel durch Einführung verursachergerechte Preise für die Wasserressourcennutzung.¹⁰

3.2.2 Ergebnisse

Die Tabellen T-3 und T-4 in Anlage 2 enthalten die mit den zuvor genannten Annahmen für das Jahr 2050 prognostizierten Werte für die Bevölkerungsentwicklung und die Wassernutzungen, aus denen im ersten Schritt wieder der neue Bevölkerungs-

¹⁰ Die flexible Anpassungsfähigkeit der Industrie auf sich ändernden Rahmenbedingungen im Wassersektor bestätigen beispielsweise die Untersuchungen von Faber, Niemes, Stephan (1983). Vgl. hierzu auch Brown, Johnson (1982).

schwerpunkt und dann zu diesem die Abstände und Richtungswinkel für die uns interessierenden Parameter ermittelt wurden.

Tabelle 4 zeigt die Abstände und Richtungswinkel ausgewählter Parameter für das Jahr 2050 in Bezug zum neuen Bevölkerungsschwerpunkt.

Als erstes wichtiges Zwischenergebnis halten wird fest, dass der Bevölkerungsschwerpunkt mit einem ursprünglichen Abstand von 840 km und Richtungswinkel von 254 Grad in Bezug auf die Hauptstadt Peking sich nur unwesentlich verschiebt, Denn im Jahr 2050 haben Abstand und Richtungswinkel des neuen Bevölkerungsschwerpunktes die Werte von 829 km bzw. 257 Grad, obwohl Chinas Bevölkerung um weitere 200 Millionen Einwohner anwachsen wird. Dies ist nicht überraschend, da die Bevölkerung – gemessen am gegenwärtigen Bestand – nur noch gering wächst und die Änderung der Verteilung der Bevölkerung sich nur moderat und in Richtung der entwickelten Regionen verschiebt, in der auch die Hauptstadt Peking liegt.

Jahr 2050 Parameter	Geometrische Werte für die Abstände der Parameter bezogen auf den Bevölkerungsschwerpunkt	
	Kreis-Winkel Grad	Radiale Länge km
Niederschläge	189	547
Wasserressourcen insgesamt	206	691
Wasserressourcen Pro Kopf	179	1.813
Wassernutzung im Sektor		
Landwirtschaft	152	285
Industrie	335	254
Haushalte	283	111
Wassernutzung insgesamt	165	29

Tabelle 4: Schwerpunkte, Abstände und Richtungswinkel ausgewählter Parameter für das Jahr 2050

Wegen der geringen Verschiebung des Bevölkerungsschwerpunktes gibt es auch bei den sich in der Zeit nicht ändernden Parametern ebenfalls nur geringe Änderungen. Das heißt, die in den Abbildungen 7a und 7b dargestellten Beziehungen zwischen den Determinanten der Wasserressourcen und der Wassergewinnung ändern sich kaum. Die Winkel der Schwerpunkte der Komponenten bleiben bestehen, es ergibt sich allerdings eine Verschiebung des Bezugspunktes, da sich der Bevölkerungsschwerpunkt leicht verschiebt. Für die Wasserressourcen bedeutet dies z.B., dass deren Schwerpunkt für das Jahr 2050 mit 691 km weiter als der ursprüngliche Abstand von 612 km vom Bevölkerungsschwerpunkt entfernt liegt. Der Richtungswinkel bleibt mit 206 Grad unverändert. Die bestehende ungleiche Verteilung zwischen den

Wasserressourcen und der Bevölkerung wird also leicht verschärft, da sich der Bevölkerungsschwerpunkt weiter in Richtung der Regionen verlagert, die zwar ökonomisch weiter entwickelt sind, die aber nur über geringere eigene Wasserressourcen verfügen. Die größten Veränderungen sind bei den Komponenten der Wassernutzung zu erwarten. Deshalb sind auch nur für diese die Abstände und Richtungswinkel in Abbildung 8 dargestellt. Zunächst zeigt sich, dass der Schwerpunkt für die Wassernutzung insgesamt näher an den Bevölkerungsschwerpunkt herankommt: Der Abstand der Schwerpunkt für die Wassernutzung insgesamt beträgt für das Jahr 2050 nur noch 29 km (gegenüber ursprünglich 140 km) vom Bevölkerungsschwerpunkt; während die Richtungswinkel Werte von 165 bzw. ursprünglich 138 Grad haben. Dies ist die Folge des stärkeren Bevölkerungswachstums in den entwickelten Provinzen, in denen der überwiegende Teil der Wassernutzung erfolgt. In unserer Modellrechnung bleibt der landwirtschaftliche Sektor der dominante Wasserverbraucher. Der Richtungswinkel des Schwerpunktes für die landwirtschaftliche Nutzung dreht sich von ursprünglich 141 Grad in Richtung 152 Grad, der nahezu gleich dem Richtungswinkel für die Wassernutzungen insgesamt ist. Der Abstand zum Bevölkerungsschwerpunkt erhöht sich allerdings von ursprünglich 268 km auf 285 km.

Der Schwerpunkt für die industrielle Wassernutzung entfernt sich dagegen nicht unbeträchtlich von ursprünglich 173 km vom Bevölkerungsschwerpunkt auf 254 km im Jahr 2050. Die beiden Richtungswinkel für das Jahr 2002 und 2050 sind mit 338 bzw. 335 Grad nahezu gleich; sie zeigen aber genau in die entgegengesetzten Richtungen wie die landwirtschaftliche Wassernutzung. Folglich wird das diametrale räumliche Spannungsverhältnis zwischen Industrie und Landwirtschaft durch den Anstieg des industriellen Wasserverbrauchs erheblich verschärft, da die zukünftige Distanz dann voraussichtlich 539 statt wie bisher 441 km sein wird.

Der Schwerpunkt für die häusliche Wassernutzung bleibt mit 111 km Entfernung gegenüber dem ursprünglichen Wert von 82 km nur wenig verändert. Auch die Richtungswinkel mit Werten von 283 für das Jahr 2050 bzw. 286 Grad für das Jahr 2002 unterscheiden sich kaum. Zwischen der häuslichen und landwirtschaftlichen Wassernutzung besteht also wie für die industrielle Wassernutzung auch ein diametrales räumliches Spannungsverhältnis.

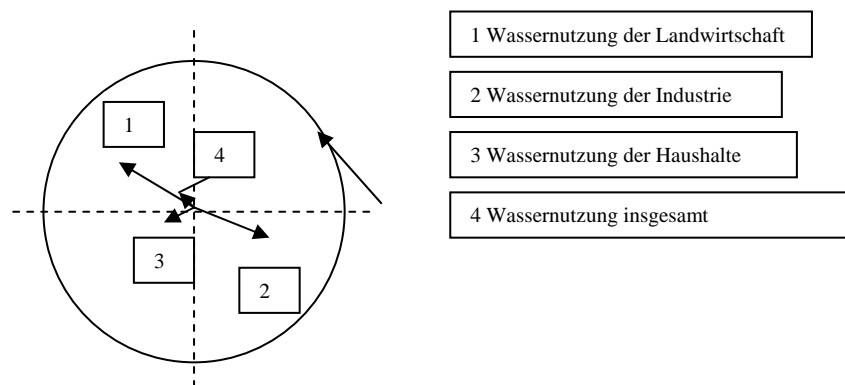


Abbildung 8: Abstände und Richtungswinkel für die Wassernutzungen - 2050

4 Schlussfolgerungen

4.1 Gründe für Hemmnisse bei der wirtschaftlichen Entwicklung Chinas

Unsere quantitative Analyse zeigt, dass in China eine erhebliche räumliche Diskrepanz zwischen der Verfügbarkeit von Wasserressourcen und dem räumlichen Schwerpunkt der Wassernutzung besteht. Diese Diskrepanz wird sich – falls die Annahmen unserer Modellrechnung zutreffen – in der Zukunft weiter verschärfen. Der gemessene Abstand zwischen dem Bevölkerungs- und Wasserressourcenschwerpunkt von 612 km für das Jahr 2002 bzw. von 691 km für das Jahr 2050 macht dies deutlich. Darüber hinaus verbirgt sich hinter dieser Diskrepanz zwischen Wasserverfügbarkeit und Wassernutzung ein fundamentaler Konflikt zwischen zwei bedeutenden Verbrauchern: der Landwirtschaft und der Industrie. Wir haben gesehen, dass die Schwerpunkte der Wassernutzung in der Landwirtschaft und der Industrie diametral entgegengesetzt liegen, und dass sich dieser Nutzungskonflikt möglicherweise in der Zukunft durch die voranschreitende Industrialisierung Chinas erheblich verschärfen wird. Der Schwerpunkt der ertragreichen landwirtschaftlichen Nutz- und Bewässerungsflächen liegt nämlich im Norden und der der industriellen Großverbraucher im Südosten Chinas. Für diese Nutzungskonflikte muss China zukünftig Lösungen finden, wenn diese nicht zu gravierenden Hemmnissen für die wirtschaftliche Entwicklung werden und erhebliche soziale Probleme, die bei einem möglichen „Kampf ums Wasser“ entstehen, vermieden werden sollen.

Hier stellt sich die Frage, ob, bzw. wie dieser Nutzungskonflikt zu lösen ist. Hierzu ist es hilfreich, sich zu vergegenwärtigen, welche Faktoren die Entstehung und Entwicklung dieses Nutzungskonflikts bedingt haben. Es sind unseres Erachtens die folgenden drei Elemente, die von zentraler Bedeutung sind:

1. Die natürliche Rahmenbedingungen, die sich im Wesentlichen aus der Topographie und dem Klima des Landes ergeben.
2. Das hohe Bevölkerungswachstum in der Vergangenheit und
3. Die politische Rahmenbedingungen und Ziele.

Die extrem ungleiche Verteilung der Wasserressourcen ist durch die natürlichen Rahmenbedingungen bestimmt. Aufgrund der Topographie des Landes finden sich die wesentlichen Wasserressourcen in Regionen, die für eine dichte Besiedelung nicht in Frage kommen und die als Standort für die landwirtschaftliche Produktion ungeeignet sind, weil die Böden von minderer Qualität sind. Die landwirtschaftliche Produktion und die Besiedelung erfolgten deshalb vor allem in Regionen mit fruchtbaren Böden. Dort sind die Wasserressourcen aber gering. Dies ist so lange kein Problem, wie das Niveau der landwirtschaftlichen Produktion niedrig bleibt. Mit dem raschen Wachstum der Bevölkerung und dem politischen Ziel einer Selbstversorgung des Landes mit Nahrungsmitteln, musste aber die landwirtschaftliche Produktion extrem ausgeweitet werden; dadurch stieg der Wasserverbrauch erheblich.

Der Zielkonflikt zwischen der Wassernutzung in der Landwirtschaft und der Industrie ist wiederum eine Folge von natürlichen Rahmenbedingungen und wirtschaftspolitischen Zielen, bzw. Maßnahmen. Die industriellen Zentren finden sich vor allem entlang der Küste, wo die Infrastruktur für den Import und Export von Gütern einfach aufgebaut werden kann. Deren starkes Wachstum ist wiederum durch die Schaffung von Freihandelszonen begünstigt worden.

Auf den ersten Blick scheinen also die geographisch bedingte ungleiche Verteilung der Wasserressourcen, das vergangene hohe Bevölkerungswachstum und die politischen Ziele einer weitgehenden Unabhängigkeit vom Ausland in der Nahrungsmittelproduktion zu einem Hemmnis für die weitere Entwicklung der chinesischen Ökonomie zu werden. Ob diese Vermutung allerdings zutrifft, bzw. welche möglichen Lösungen zur Überwindung existieren und welche Probleme damit wiederum verbunden sind, wollen wir abschließend diskutieren.

4.2 Mögliche Lösungsansätze

Grundsätzlich lassen sich zwei mögliche Lösungsansätze unterscheiden, die auch kombiniert werden können. Einerseits kann China versuchen, die Probleme technisch zu lösen, indem die Effizienz der Wassernutzung in Landwirtschaft, Industrie und bei den Haushalten verbessert wird, so dass der Wasserverbrauch wenigstens nicht im gleichen Maße wie die wirtschaftliche Entwicklung steigt oder absolut konstant bleibt oder sogar sinkt. Darüber hinaus bestünde die Möglichkeit, das Ungleichgewicht in der Wasserverfügbarkeit durch einen entsprechenden Transfer von Wasser aus dem Süden in den Norden zu überwinden. Zum anderen könnte China die Nahrungsmittelproduktion reduzieren und verstärkt Nahrungsmittel importieren; dies käme einem Import von Wasserressourcen gleich.

Beide Strategien sind allerdings nicht unproblematisch: Der Transfer von Oberflächenwasser aus dem Yangtze Flussgebiet im Süden in die im Norden gelegenen Flussgebiete ist ein Projekt der chinesischen Regierung, das im Prinzip geeignet ist, das regionale Ungleichgewicht in den Wasserressourcen abzubauen. Im Rahmen des weltweit heftig kritisierten „Drei Schluchten Staudammprojektes“, das vorrangig dem Hochwasserschutz und der Energiegewinnung dient, sollen in einer späteren Ausbaustufe gewaltige Wassermassen aus dem Yangtze Flussgebiet in die nördlichen Flussgebiete des Gelben Flusses transferiert werden.¹¹ Wie aus Abbildung 9 zu ersehen ist, soll die Transfertrasse dort gebaut werden, wo der Abstand zwischen Yangtze und Gelben Fluss möglichst gering ist, nämlich zwischen dem Drei Schluchten Stausee und dem mehr als 500 km nördlich liegenden Einzugsgebiet des Huanghe (Gelber Fluss) Flusses. Die dort zu überquerenden Bergketten sind ein erhebliches Hindernis für die technische und finanzielle Machbarkeit des Vorhabens. Die gegenwärtigen Planungen und Schätzungen gehen davon aus, dass dieser Transfer technisch und finanziell machbar ist und innerhalb der nächsten Jahrzehnte verwirklicht werden könnte. Die Dimension des Transfers ist allerdings noch offen. Sie wird im Wesentlichen davon abhängen, wie sich der Wasserverbrauch in der Landwirtschaft, Industrie und bei den Haushalten entwickelt.

Wie umfangreich dieser Wassertransfer sein muß, wird durch die folgende einfache Abschätzung der Wassermengen unterstützt, die natürlich kein Ersatz für eine ge-

¹¹ Eine detaillierte Bearbeitung der Staudammprojekte in China enthält beispielsweise der Beitrag der World Commission on Dams (WCD 2000).

naue Modellierung des Süd-Nord-Transfers ist.¹² Der durchschnittliche Abfluss des Yangtze Flusses am Delta hat ungefähr den Wert von 31.150 m³/s, am Flussabschnitt bei Wuhan (siehe Abbildung 9) den Abfluss von 23.980 m³/s und am Ende des Drei Schluchten Staudamms (Three Georges Dam) den Abfluss von 14.980 m³/s. Der mittlere Abfluss des gelben Flusses beträgt 1.770 m³/s. Wollte man die Abflussmengen des Gelben Flusses durch den Wassertransfer verdoppeln, dann steht dieser Anhebung um 100% lediglich eine Verringerung der Abflussmengen des Yangtze um 12 % gegenüber. Der Rhein, Deutschlands längster und wasserreichster Fluss, hat bei Basel an der Grenze zur Schweiz einen mittleren Abfluss von 1.028 m³/s und bei Emmerich an der Grenze in die Niederlande von 2.330 m³/s (*dtv Lexikon*. 1999: Rhein). Die vom Süden in den Norden zu transferierende Wassermenge in China wäre also durch Baumaßnahmen zu bewerkstelligen, die in etwa die Wassertransportleistung des Rheins erbringen müssten. Wollte man sogar erreichen, dass in beiden Flüssen die gleichen Wassermengen fließen, dann müssten 6.605 m³/s aus dem Süden in den Norden transferiert werden. Dies Umverteilung entspräche einer Anhebung um das 3,7 fache im Norden zu Lasten des Südens, wo die Abflussmengen um 45 % vermindert werden. Nur wären für diesen Fall Baumaßnahmen zu realisieren, die die dreifache Wassertransportleistung des Rheins hätten; eine Dimension, die kaum noch vorstellbar ist.

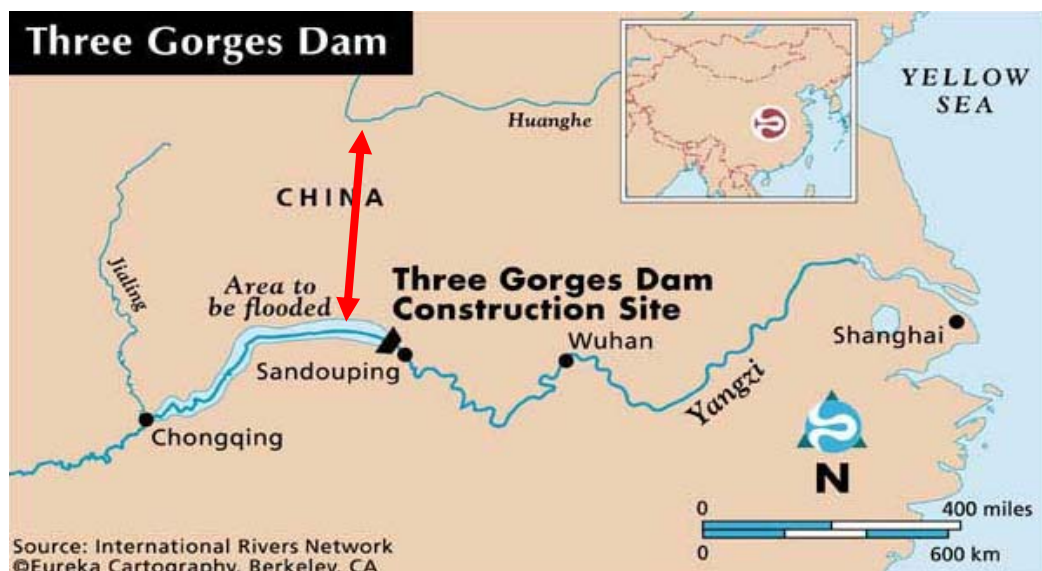


Abbildung 9: Die Lokalität des Dreischluchten Damms in China. Quelle: Hydrosult Canada Inc (2000: 33).

¹² Die kapitaltheoretischen Grundlagen für die dynamische Modellierung derartiger Umwelt- und Ressourcenprobleme und deren Anwendung in der Wasserwirtschaft werden beispielsweise in den Beiträgen von Faber, Niemes und Stephan (1983, 1987) behandelt.

Vor diesem Hintergrund kommt dem jetzt in China eingeschlagenen Weg, durch flankierende Maßnahmen den Wasserverbrauch zu senken und Managementsysteme für die Flussgebiete und Wasserressourcen einzuführen, eine erhebliche Bedeutung zur Reduzierung des Transfervolumens zu. Diese Maßnahmen müssen daher Vorrang vor einer zu raschen Implementierung des noch in der Detailplanung befindlichen Transferprojektes haben.¹³ Darüber hinaus gilt es, die extrem schlechte Wasserqualität der Oberflächengewässer und Grundwasserleiter durch den Bau von Abwasserreinigungsanlagen und andere Wasserschutzmaßnahmen zu verringern. Durch den Wassertransfer von Süd nach Nord werden zwar die Vorfluterbedingungen in den flussabwärts gelegenen Gebieten der Flüsse im Norden verbessert, aber dies zu Lasten der Vorfluterbedingungen der südlichen Flussgebiete. Deshalb sollten in den nächsten Jahren die Investitionen in den Gewässerschutz Vorrang haben vor der Implementierung gigantischer Wassertransferprojekte.

Um die Dimension des Transfers zu verringern, sollten kostendeckende Wassertarife eingeführt und technische Verbesserungen der Wasserversorgungs- und – Wasserentsorgungssysteme für die Haushalte erreicht werden. Wesentlich stärker auf die Dimension des Transfers werden sich allerdings die Nutzungen der Einsparungspotentiale im landwirtschaftlichen und industriellen Sektor auswirken. Insbesondere die landwirtschaftliche Bewässerungstechnik in China gilt im Vergleich zu modernen Techniken als äußerst rückständig und damit wasserverbrauchsintensiv. Wie es die Erfahrungen in den weiter entwickelten Ländern zeigen, erweist sich der industrielle Sektor als sehr anpassungsfähig auf sich ändernde Rahmenbedingungen, so zum Beispiel auf die Einführung von Ver- und Entsorgungsstandards und Abgaben für die Nutzung der Wasserressourcen (vgl. etwa Brown und Johnsen 1982).

Ergänzt werden können diese Maßnahmen durch ein Zurückdrängen der landwirtschaftlichen Produktion und durch einen vermehrten Import von Nahrungsmitteln. Dafür müsste aber der Anspruch aufgegeben werden, ein möglichst hohes Maß an Selbstversorgung mit Nahrungsmitteln zu realisieren. Andererseits würde eine vermehrte Nachfrage nach Nahrungsmitteln durch China allerdings einen erheblichen

¹³ Über die Neuausrichtung der künftigen Wasserwirtschaftspolitik in China wird beispielsweise berichtet in: MWR (2003, 2004a).

Einfluss auf die Weltmarktpreise haben. Diese Folgen würden vor allem die Entwicklungsländer negativ beeinflussen, die auf Nahrungsmittelimporte angewiesen sind.

Unsere Analyse hat gezeigt, dass die in der ungleichen Verteilung der Wasserressourcen erhebliche Gefahren für die künftige wirtschaftliche und soziale Entwicklung in China liegen. Diese Probleme sind über lange Zeiträume entstanden. Eine Lösung ist daher auch weder kurz- noch mittelfristig zu erwarten. Im Gegenteil, unsere Diskussion von möglichen Problemlösungen zeigt, dass es relativ wenige Möglichkeiten für die Realisierung kurzfristiger Lösungen gibt. Jede Veränderung bedeutet entweder umfangreiche Investitionen in die Infrastruktur – wobei der geplante Wassertransfer unter Umständen mit weitreichenden ökologischen Risiken behaftet ist.

Alternativen, indem zum Beispiel die wasserintensiv produzierte landwirtschaftliche Produkte importiert werden, sind wohl politisch nur schwer zu realisieren und mit weitreichenden Konsequenzen für die Weltmärkte verbunden.

Unsere Analyse der Verteilung der Wasserressourcen und die ökonomischen Überlegungen machen deutlich, dass Chinas Wasserressourcen bereits mittelfristig seine wirtschaftliche Entwicklung begrenzen werden. Nur wenn die Bevölkerungszahl in China in den Jahren 2040 bis 2050 unterhalb von 1,5 Milliarden bleibt, erheblich mehr in den Gewässerschutz investiert wird und die angesprochenen flankierenden Maßnahmen vorrangig umgesetzt werden, könnte der geplante Wassertransfer von Süd nach Nord helfen, die kritische Versorgungssituation zu entspannen. Langfristig ist allerdings auch der Wassertransfer keine Lösung. Denn wie lange Wasser transferiert werden kann, hängt von der Lebensdauer des „Drei Schluchten Stausees“ ab. Diese beträgt bestenfalls 100, möglicherweise aber nur 50 Jahre. Um gravierende wirtschaftliche und soziale Verwerfungen in China zu vermeiden, sollten die Investitionen in den Gewässer- und Grundwasserschutz und die Reduktion der extrem hohen Wasserverluste in allen Sektoren, insbesondere in der Landwirtschaft aber auch der Industrie und bei den Haushalten höhere Prioritäten haben als die Umsetzung des Wassertransferprojektes.

Quellenverzeichnis

- Benndorf, J. (2003) Einführung: Wasserforschung, in: DFG Wasserforschung im Spannungsfeld zwischen Gegenwartsbewältigung und Zukunftssicherung, Denkschrift, Eiley VCH:5-13.
- Brown, G.M., Johnson, R.W. (1982) Pollution control by effluent charges: it works in the Federal Republic of Germany, why not in the USA, in: *Natural Resource Journal* 22: 929-966.
- dtv Lexikon*. (1999) F.A. Brockhaus GmbH, Mannheim und Deutscher Taschenbuch Verlag GmbH & Co. KG, München. Aktualisierte Ausgabe (1999).
- Faber, M.; Niemes, H.; Stephan, G. (1987) *Entropy, Environment and Resources: An Essay in Physico-Economics*, (Übersetzung ins chinesisches Prof. Dr. Wang Bennan, 1990) Springer Verlag, Heidelberg
- Faber, M.; Niemes, H.; Stephan, G. (1983) *Umweltschutz und Input-Output-Analyse. Mit zwei Fallstudien aus der Wassergütewirtschaft*. Schriften zur Umwelt- und Ressourcenökonomie. J.C.B. Mohr (Paul Siebeck) Tübingen.
- Hydrosult Canada Inc (2000) *China and its Water Resources*. Contribution for the World Commission on Dams (WCD).
- Heilig, G.K. (1999) *Can China Feed Itself? A System for Evaluation of Policy Options*. Internet: www.iiasa.ac.at/collections/iiasa_research/Luc/ChinaFood (12.19.2005) oder CD-Rom Vers 1.1 zu beziehen über IIASA, Laxenburg.
- IDW (2005) Institut der deutschen Wirtschaft Zahlen 2005.
- MWR (2002). Ministry of Water Resources *Water Resources Bulletin. The People's Republic of China. 2002*.
- MWR (2003) Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. *Annual Report 2003*.
- MWR (2004a) Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. *China Country Report on Sustainable Development of Water Resources*.
- MWR (2004b) Ministry of Water Resources of the People's Republic of China. *Water Resources in China*.
- Quaas, M. (2004) *Bevölkerung und Umweltökonomie. Zeitliche und räumliche Perspektiven*, Metropolis, Marburg.
- Shen, D. (2004) The 2002 Water Law: its impacts on river basin management in China, in: *Water Policy*, Vol. 6: 345-364.
- Sommerfeld, A. (1968) *Vorlesungen über theoretische Physik. Band 1 Mechanik*. Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig K.-G. Leipzig.
- UNFPA (2005) United Nation Population Fund *State of World Population 2005 – The Promise of Equality: Health and the Millennium Development Goals*. New York.
- Wagenführ, R. (1967) *Statistik leicht gemacht. Einführung in die deskriptive Statistik*. 5. Auflage. Bund-Verlag. Köln.
- Wang, R., Ouyang, Z., Ren, H. and Min, Q. (1999) *China Water Vision. The Eco-sphere of Water, Environment, Life, Economy & Society*. Research Centre for Eco-Environmental Sciences, Chinese Academy of Sciences. Beijing.

WCD (2000) *WCD Country Review Paper. Experience with Dams in Water and Energy Resource Development in the People's Republic of China*. Final Report: November 2000. Prepared for the World Commission on Dams (WCD) by: R. Fuggle, University of Cape Town, South Africa and W.T. Smith, Independent Consultant, USA. With Contributions from : Hydrosult Canada Inc. and Agrodev Canada Inc.

Anhang

Tabellen T-1 bis T-4

Table T-1: Calculation of Centre Points of the Precipitation, Water Resources and Population for the Year 2002

Region at provincial level	Precipitation (km ³)	Surface water resources (km ³)	Groundwater resources (km ³)	Non-repeatedly assessed ground water resources (km ³)	Total water resources (km ³)	Per capita water resources (m ³)	Population at provincial level year 2002 N [*]	angle α	radial distance from Pejing to Province km
National	6.261,029	2.724,329	869,718	101,803	2.826,132	2.200	1.284.605.455		
Beijing	6,938	0,613	1,453	1,086	1,699	119	14.277.311	0	0
Tianjin	4,094	0,185	0,209	0,182	0,367	36	10.194.444	318	129
Hebei	73,192	3,010	7,578	3,604	8,614	128	67.296.875	270	96
Shanxi	77,513	4,411	6,625	3,462	7,873	239	32.941.423	226	838
Inner Mongolia	287,259	18,780	24,191	12,709	31,489	1.324	23.783.233	138	364
Liaoning	75,680	12,338	7,018	2,488	14,826	353	42.000.000	19	487
Jilin	111,433	31,576	10,923	5,293	36,826	1.366	26.959.004	31	799
Heilongjiang	228,469	46,726	26,986	16,536	63,262	1.659	38.132.610	47	1.150
Shanghai	8,802	4,607			4,607	284	16.221.831	299	1.062
Jiangsu	94,138	18,572	10,059	8,230	26,902	363	74.110.193	297	817
Zhejiang	193,737	121,231	24,312	1,817	123,048	2.648	46.468.278	289	1.197
Anhui	176,576	73,296	20,547	9,172	82,468	1.301	63.388.163	277	879
Fujian	220,749	119,938	43,588	0,205	120,143	3.466	34.663.301	279	1.504
Jiangxi	336,850	198,065	48,108	0,261	198,326	4.697	42.223.973	270	1.357
Shandong	64,411	5,199	7,513	4,612	9,811	108	90.842.593	293	461
Henan	116,852	20,077	18,349	11,922	31,999	353	90.648.725	253	735
Hubei	239,548	112,374	31,268	3,172	115,546	1.930	59.868.394	254	1.034
Hunan	415,405	256,003	53,902	0,660	256,663	3.872	66.286.932	256	1.401
Guangdong	330,444	187,377	46,642	1,086	188,463	2.398	78.591.743	266	1.756
Guangxi	439,919	237,259	51,449	0,000	237,259	4.920	48.223.374	251	1.871
Hainan	62,295	32,149	8,210	1,163	33,312	4.148	8.030.858	254	716
Chongqing	97,492	54,584	10,180	0,000	54,584	1.757	31.066.591	239	1.283
Sichuan	420,993	206,333	54,146	0,283	206,616	2.382	86.740.554	224	1.543
Guizhou	218,860	111,757	27,463	0,000	111,757	2.913	38.364.916	242	1.610
Yunnan	493,338	230,529	76,358	0,358	230,887	5.329	43.326.515	233	2.102
Tibet	655,735	424,349	129,435	0,000	424,349	158.932	2.670.004	197	2.560
Shaanxi	124,181	22,200	12,029	3,343	25,543	695	36.752.518	227	881
Gansu	106,984	13,910	12,604	1,122	15,032	580	25.917.241	200	1.077
Qinghai	205,350	55,260	23,446	0,563	55,823	10.553	5.289.775	194	1.734
Ningxia	17,286	1,065	2,640	0,211	1,276	223	5.721.973	200	1.087
Xinjiang	356,506	100,556	72,486	6,264	106,820	5.607	19.051.186	175	2.384
Total	6.261,029	2.724,329	869,717	99,804	2.826,190	2.225	1.270.054.530		
						224.683			
Centre point for > based on Beijing	Precipitation	Surface water resources	Groundwater resources	Non-repeatedly assessed ground water resources	Total water resources	Per capita water resources	Population at provincial level		
radial distance km	1.149	1.370	1.261	201	1.327	2.096	840		
arc °	231	234	226	252	234	202	254		
tan α	1,244	1,382	1,049	3,148	1,387	0,408	3,584		
y-coordinate km	-896	-1.110	-912	-192	-1.076	-791	-809		
x-coordinate km	-720	-803	-870	-61	-776	-1.940	-226		
Differences of the centre point for > to the centre of the population	Precipitation	Surface water resources	Groundwater resources	Non-repeatedly assessed ground water resources	Total water resources	Per capita water resources			
radial distance km	502	651	652	639	612	1.715			
arc °	190	207	189	75	206	179			
tan α	0,175	0,521	0,160	3,746	0,486	-0,010			
y-coordinate km	-87	-300	-103	617	-267	18			
x-coordinate km	-494	-577	-644	165	-550	-1.715			

Table T-2: Calculation of Centre Points of Water Supply and Use for the Year 2002

Region at provincial level	Amount of Water Supply				Amount of Water Use				angle α	radial distance from Peijing to Province km
	Surface Water	Ground Water	Others	Total	Agriculture	Industry	Domestic	Total		
	(km ³)	(km ³)	(km ³)	(km ³)	(km ³)	(km ³)	(km ³)	(km ³)		
National	440,436	107,242	2,049	549,728	373,618	114,236	61,874	549,728		
Beijing	0,965	2,424	0,073	3,462	1,545	0,754	1,163	3,462	0	0
Tianjin	1,174	0,822	0,000	1,996	1,071	0,450	0,475	1,996	318	129
Hebei	3,928	17,123	0,088	21,138	16,137	2,677	2,324	21,138	270	96
Shanxi	2,084	3,617	0,049	5,750	3,550	1,351	0,848	5,750	226	838
Inner Mongolia	9,809	7,993	0,022	17,823	15,884	0,943	0,996	17,823	138	364
Liaoning	6,063	4,350	0,000	12,713	8,316	2,296	2,101	12,713	19	487
Jilin	6,819	6,650	0,000	11,169	8,361	1,675	1,133	11,169	31	799
Heilongjiang	15,115	10,113	0,000	25,228	17,480	6,208	1,540	25,228	47	1,150
Shanghai	10,344	0,083	0,000	10,427	1,198	7,600	1,629	10,427	299	1,062
Jiangsu	46,655	1,219	0,000	47,874	28,919	14,553	4,402	47,874	297	817
Zhejiang	19,959	0,738	0,103	20,800	11,814	5,329	3,658	20,800	289	1,197
Anhui	18,033	1,892	0,058	19,983	12,788	5,530	1,665	19,983	277	879
Fujian	17,884	0,329	0,073	18,286	11,145	5,056	2,085	18,286	279	1,504
Jiangxi	19,233	0,872	0,101	20,206	13,677	4,635	1,894	20,206	270	1,357
Shandong	11,764	13,296	0,177	25,237	18,827	3,658	2,752	25,237	293	461
Henan	8,406	13,471	0,005	21,881	14,574	4,024	3,283	21,881	253	735
Hubei	23,153	0,762	0,171	24,086	13,609	7,711	2,766	24,086	254	1,034
Hunan	28,401	2,131	0,159	30,691	20,585	5,937	4,169	30,691	256	1,401
Guangdong	42,550	2,072	0,081	44,703	25,042	12,117	7,544	44,703	266	1,756
Guangxi	28,292	1,226	0,229	29,747	22,586	4,193	2,968	29,747	251	1,871
Hainan	3,990	0,419	0,000	4,409	3,576	0,359	0,474	4,409	254	716
Chongqing	5,786	0,220	0,024	6,030	2,070	2,479	1,481	6,030	239	1,283
Sichuan	19,580	1,281	0,000	20,861	12,225	5,562	3,074	20,861	224	1,543
Guizhou	8,136	0,858	0,000	8,994	5,132	2,325	1,537	8,994	242	1,610
Yunnan	13,845	0,614	0,391	14,850	11,072	2,006	1,772	14,850	233	2,102
Tibet	2,830	0,178	0,000	3,008	2,725	0,087	0,196	3,008	197	2,560
Shaanxi	4,353	3,382	0,066	7,801	5,462	1,246	1,093	7,801	227	881
Gansu	9,398	2,821	0,046	12,264	9,725	1,687	0,853	12,264	200	1,077
Qinghai	2,257	0,445	0,000	2,702	2,036	0,393	0,274	2,702	194	1,734
Ningxia	7,557	0,595	0,000	8,152	7,603	0,377	0,173	8,152	200	1,087
Xinjiang	42,074	5,247	0,134	47,456	44,885	1,019	1,552	47,456	175	2,384
Total	440,436	107,242	2,049	549,728	373,618	114,237	61,874	549,728		
					68,0%	20,8%	11,3%	100,0%		

Centre point for > based on Beijing	Amount of Water Supply				Amount of Water Use				Population at provincial level
	Surface Water	Ground Water	Others	Total	Agriculture	Industry	Domestic	Total	
radial distance km	914	262	1,178	789	772	877	910	789	840
arc °	246	242	243	245	236	266	257	245	254
tan α	2,197	1,862	1,936	2,166	1,477	13,280	4,374	2,166	3,584
y-coordinate km	-832	-231	-1,046	-716	-639	-875	-888	-716	-809
x-coordinate km	-379	-124	-540	-331	-433	-66	-203	-331	-226

differences of the centre point for > to the centre of population	Surface Water	Ground Water	Others	Total	Agriculture	Industry	Domestic	Total
	radial distance km	155	587	394	140	268	173	82
arc °	188	80	217	138	141	338	286	138
tan α	0,148	5,682	0,754	-0,889	-0,822	-0,409	-3,435	-0,889
y-coordinate km	-23	578	-237	93	170	-65	-78	93
x-coordinate km	-153	102	-315	-105	-207	160	23	-105

Table T-3: Calculation of Centre Points of the Precipitation, Water Resources

and Population for the Year 2040-50

Region at provincial level	Precipitation (km ³)	Total water resources (km ³)	Per capita water resources (m ³)	Population at provincial level year 2050 N°	Population at provincial level year 2002 N°	angle a	radial distance from Pejing to Province km
National	6.261,029	2.826,132	2.200		1.284.605.455		
Beijing	6,938	1,699	81	20.929.168	14.277.311	0	0
Tianjin	4,094	0,367	25	14.944.077	10.194.444	318	129
Hebei	73,192	8,614	106	81.510.417	67.296.875	270	96
Shanxi	77,513	7,873	239	32.941.423	32.941.423	226	838
Inner Mongolia	287,259	31,489	1.324	23.783.233	23.783.233	138	364
Liaoning	75,680	14,826	291	50.870.676	42.000.000	19	487
Jilin	111,433	36,826	1.128	32.652.923	26.959.004	31	799
Heilongjiang	228,469	63,262	1.370	46.186.467	38.132.610	47	1.150
Shanghai	8,802	4,607	194	23.779.648	16.221.831	299	1.062
Jiangsu	94,138	26,902	248	108.638.431	74.110.193	297	817
Zhejiang	193,737	123,048	1.806	68.118.036	46.468.278	289	1.197
Anhui	176,576	82,468	1.301	63.388.163	63.388.163	277	879
Fujian	220,749	120,143	2.862	41.984.418	34.663.301	279	1.504
Jiangxi	336,850	198,326	3.878	51.141.953	42.223.973	270	1.357
Shandong	64,411	9,811	89	110.029.145	90.842.593	293	461
Henan	116,852	31,999	291	109.794.331	90.648.725	253	735
Hubei	239,548	115,546	1.593	72.512.992	59.868.394	254	1.034
Hunan	415,405	256,663	3.197	80.287.167	66.286.932	256	1.401
Guangdong	330,444	188,463	1.636	115.207.953	78.591.743	266	1.756
Guangxi	439,919	237,259	4.920	48.223.374	48.223.374	251	1.871
Hainan	62,295	33,312	3.425	9.727.028	8.030.858	254	716
Chongqing	97,492	54,584	1.451	37.628.059	31.066.591	239	1.283
Sichuan	420,993	206,616	2.382	86.740.554	86.740.554	224	1.543
Guizhou	218,860	111,757	2.913	38.364.916	38.364.916	242	1.610
Yunnan	493,338	230,887	5.329	43.326.515	43.326.515	233	2.102
Tibet	655,735	424,349	158.932	2.670.004	2.670.004	197	2.560
Shaanxi	124,181	25,543	695	36.752.518	36.752.518	227	881
Gansu	106,984	15,032	580	25.917.241	25.917.241	200	1.077
Quinghai	205,350	55,823	10.553	5.289.775	5.289.775	194	1.734
Ningxia	17,286	1,276	223	5.721.973	5.721.973	200	1.087
Xinjiang	356,506	106,820	4.629	23.074.921	19.051.186	175	2.384
Total	6.261,029	2.826,190	1.869	1.512.137.497	1.270.054.531		217.690

centre point for > based on Beijing	Precipitation	Total water resources	Per capita water resources 2050	Population at provincial level year 2050	Population at provincial level year 2002
radial distance km	1.149	1.370	2.143	829	840
arc °	231	234	202	257	254
tan α	1,244	1,382	0,396	4,485	3,584
y-coordinate km	-896	-1.110	-789	-809	-809
x-coordinate km	-720	-803	-1.993	-180	-226

Growth Assumption	Precipitation factor	Total water resources factor	Population at provincial level %
Growth factor or rate based on the Year 2002 over period of 48 y	1	1	0

differences of the centre point for > to the centre of population 2050	Precipitation	Total water resources	Per capita water resources 2050
radial distance km	547	691	1.813
arc °	189	206	179
tan α	0,160	0,483	-0,011
y-coordinate km	-87	-301	20
x-coordinate km	-540	-623	-1.813

Table T-4: Calculation of Centre Points of Water Use for the Year 2040-50

Region at provincial level	Amount of Water Use				angle °	radial distance from Peijing to Province km
	Agriculture	Industry	Domestic	Total		
	(km³)	(km³)	(km³)	(km³)		
National	298,895	243,577	76,486	618,958		
Beijing	1,236	2,262	1,705	5,203	0	0
Tianjin	0,857	1,350	0,696	2,903	318	129
Hebei	12,910	5,354	2,815	21,078	270	96
Shanxi	2,840	1,351	0,848	5,039	226	838
Inner Mongolia	12,707	0,943	0,996	14,646	138	364
Liaoning	6,653	4,592	2,545	13,790	19	487
Jilin	6,689	3,350	1,372	11,411	31	799
Heilongjiang	13,984	12,416	1,865	28,265	47	1.150
Shanghai	0,958	22,800	2,388	26,146	299	1.062
Jiangsu	23,135	43,659	6,453	73,247	297	817
Zhejiang	9,451	15,987	5,362	30,800	289	1.197
Anhui	10,230	5,530	1,665	17,425	277	879
Fujian	8,916	10,112	2,525	21,553	279	1.504
Jiangxi	10,942	9,270	2,294	22,506	270	1.357
Shangdong	15,062	7,316	3,333	25,711	293	461
Henan	11,659	8,048	3,976	23,684	253	735
Hubei	10,887	15,422	3,350	29,659	254	1.034
Hunan	16,468	11,874	5,050	33,392	256	1.401
Guangdong	20,034	36,351	11,059	67,443	266	1.756
Guangxi	18,069	4,193	2,968	25,230	251	1.871
Hainan	2,861	0,718	0,574	4,153	254	716
Chongqing	1,656	4,958	1,794	8,408	239	1.283
Sichuan	9,780	5,562	3,074	18,416	224	1.543
Guizhou	4,106	2,325	1,537	7,968	242	1.610
Yunnan	8,858	2,006	1,772	12,636	233	2.102
Tibet	2,180	0,087	0,196	2,463	197	2.560
Shaanxi	4,370	1,246	1,093	6,709	227	881
Gansu	7,780	1,687	0,853	10,320	200	1.077
Quinghai	1,629	0,393	0,274	2,296	194	1.734
Ningxia	6,082	0,377	0,173	6,632	200	1.087
Xinjiang	35,908	2,038	1,880	39,826	175	2.384
Total	298,895	243,577	76,486	618,958		
	48,3%	39,4%	12,4%	100,0%		

Centre point for > the Water Use in the Year 2040-50 based on Beijing

	Agriculture	Industry	Domestic	Total
radial distance km	804	919	931	828
arc °	237	273	260	255
tan α	1,566	-18,484	5,879	3,841
y-coordinate km	-677	-917	-917	-801
x-coordinate km	-433	50	-156	-209

Growth Assumption

	Agriculture factor	Industry factor	Domestic %
Growth factor or rate based on the Water Use in the Year 2002	0,8	1	0

Differences of the centre point for > the Water Use in the Year 2040-50 to the centre of population 2050

	Agriculture	Industry	Domestic	Total
radial distance km	285	254	111	29
arc °	152	335	283	165
tan α	-0,523	-0,470	-4,444	-0,272
y-coordinate km	132	-108	-108	8
x-coordinate km	-252	230	24	-28