

## BERICHTE UND MITTEILUNGEN

BEWÄSSERUNGS-LANDWIRTSCHAFT IN KALIFORNIEN  
UND DEN GREAT PLAINS

Anpassungsstrategien an Dürrejahre und die Erschöpfung von Grundwasservorräten

Mit 9 Abbildungen und 7 Tabellen

HANS-WILHELM WINDHORST und WERNER KLOHN

*Summary:* Irrigated agriculture in California and the Great Plains

In 1992 about 11.3 percent of the cropland in the United States were irrigated. In California and in the southern and central Great Plains irrigated agriculture has a high share of plant production. This paper analyzes the impacts of the drought from 1987 to 1992 on California's agriculture and overall economy. They are compared with the impacts that the depletion of the Ogallala aquifer or the decrease of the water table in large parts of the aquifer has had and will have in the future on the structure and production goals of agriculture.

It can be shown that the lasting drought led to specific adaption processes in California. The available water was used to save the vineyards and orchards and for irrigation of cash crops. Nevertheless the financial losses amounted to several billion US-\$, thousands of jobs were lost, especially in the southern part of the Great Valley. By means of a State Drought Water Bank the state government tried to make water available for the agglomerated areas in southern California as well as for the irrigation districts with the highest water shortage. This institution has been very successful. In 1992 the Central Valley Project Improvement Act was passed. Concerning water deliveries, in this act the same status was given to environmental protection as to agricultural and urban water users. Agriculture will lose about 7 percent of its present water supply, so the reduction of irrigated land will be inevitable.

In the southern and central Great Plains the availability of water will decrease over several decades. Due to the increased pumping of groundwater from the Ogallala aquifer, the water table has dropped sharply over the last decades. Public action on the state, regional, and local level resulted from this development. Legal regulations on groundwater pumping differ in the Great Plains states. In this paper the regulations in Kansas and the water management programs in the southwestern part of the state are analyzed, also foreseeable developments in cropping patterns, ongoing changes in animal production, and proposals for the future development of agriculture.

### 1 Ausgangssituation und Ziele des Forschungsvorhabens

Von den 177,3 Mill. ha Ackerfläche der Vereinigten Staaten wurden im Jahre 1992 laut Agrarcensus 20,1 Mill. ha oder 11,3% bewässert. Die Bewässerungsflächen sind überwiegend in den westlichen USA gelegen, wobei Kalifornien und die Great Plains-Staaten besonders hohe Anteile erreichen (Abb. 1).

Während in Kalifornien 77,5% der Ackerflächen bewässert werden, sind es in Nebraska 28,2% und in Kansas 8,6%. Hier ist die Bewässerungslandwirtschaft auf die westlichen Counties konzentriert, wo Anteile von 80 bis 90% an der Ackerfläche erreicht werden. In Kalifornien erfolgt die Bereitstellung des Wassers für Bewässerungszwecke durch große staatliche Projekte, die aus Mitteln der Bundesregierung und des Staates finanziert wurden. Das Wasser wird aus den Talsperren im nördlichen Kalifornien über große Bewässerungssysteme überwiegend in das Längstal geleitet. Demgegenüber erfolgt der Bewässerungsfeldbau in den Great Plains vorrangig auf der Basis fossiler Grundwasservorkommen (Ogallala Aquifer).

Das für Bewässerungszwecke verfügbare Wasser hängt in Kalifornien von den im nördlichen Teil des Staates während der Wintermonate fallenden Niederschlägen ab. Die Menge des Bewässerungswassers kann kurzfristig sehr starken Schwankungen unterliegen, vor allem dann, wenn mehrere trockene Jahre aufeinanderfolgen. Demgegenüber verändert sich das Wasserangebot im Bereich des Ogallala Aquifers nur über längere Zeiträume. Hier könnte es einerseits zu einer Erschöpfung der Vorräte kommen, andererseits zu einer Verteuerung der Wasserkosten, wenn der Grundwasserspiegel schnell absinkt und höhere Pumpkosten anfallen.

Im Rahmen eines in den Jahren 1992 bis 1995 durchgeführten Forschungsprojektes<sup>1)</sup> standen folgende Fragen im Mittelpunkt:

- Wie wirkte sich die abnehmende Verfügbarkeit über Bewässerungswasser bzw. dessen Verteuerung während der anhaltenden Dürre (1987-1992) in Kalifornien auf die Organisationsstruktur und die Produktionsziele der Farmen im kalifornischen Längstal aus?

- Welche Veränderungen in der Bodennutzung traten auf?

- Welche Strategien der Wassereinsparung bzw. der Wasserbeschaffung aus anderen Quellen verfolgten die Farmer?

<sup>1)</sup> Das Projekt wurde von der Deutschen Forschungsgemeinschaft dankenswerterweise unterstützt.

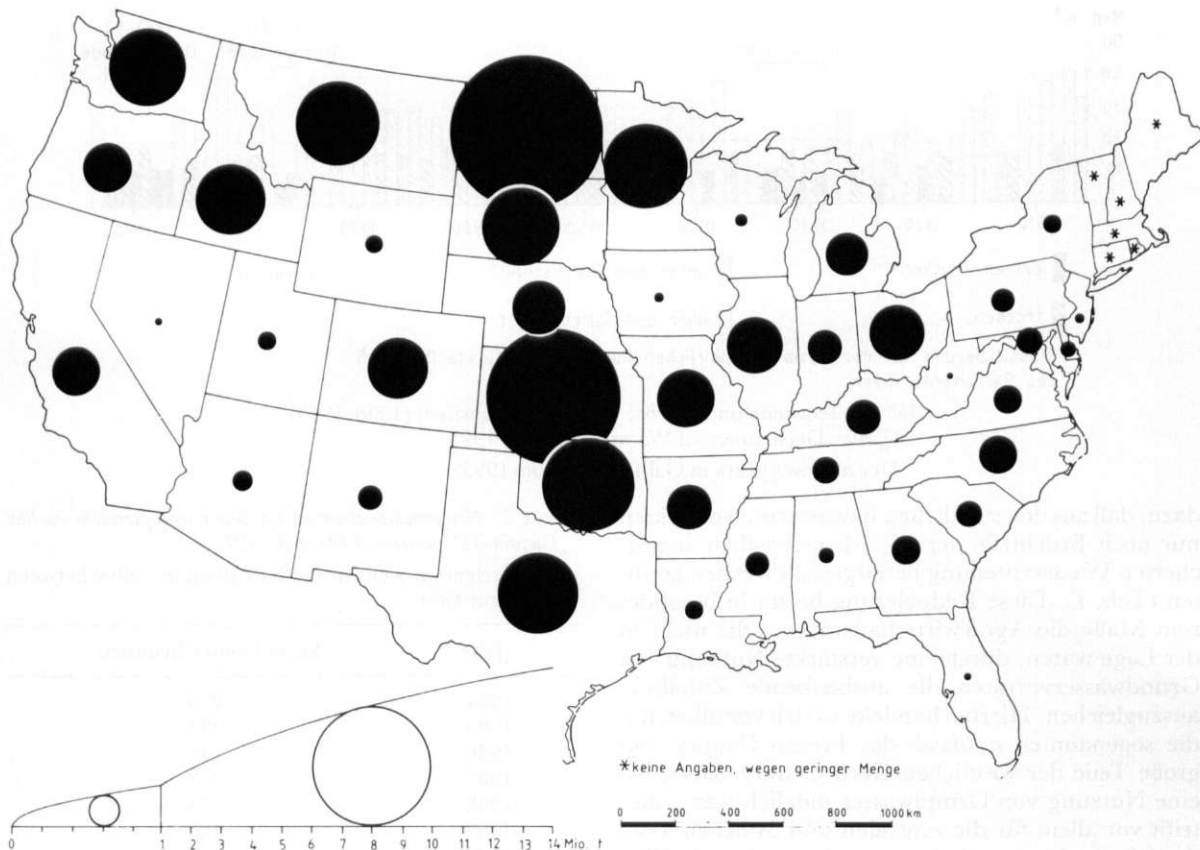


Abb. 1: Regionale Verteilung der Bewässerungsflächen in den USA im Jahre 1992

Quelle: United States Department of Commerce, Census of Agriculture 1992

Regional distribution of irrigated cropland in the United States in 1992

- Wie reagierte der Gesetzgeber auf die Wasserverknappung, einerseits kurzfristig, um die dringenden Probleme zu lösen, andererseits mittelfristig, um sozioökonomische und ökologische Auswirkungen zu verhindern, wie sie während der Dürre aufgetreten waren?

- Welche Auswirkungen gehen von der Erschöpfung der Grundwasservorräte in einigen Bereichen des Ogallala Aquifers bzw. von der schnellen Absenkung des Grundwasserspiegels auf die pflanzliche und tierische Produktion in den südlichen und mittleren Plainsstaaten aus?

- Welche kurzfristigen und langfristigen Anpassungsstrategien durch die Farmer bzw. die Bewässerungsdistrikte lassen sich feststellen?

- Wie wirken sich die unterschiedlichen Wasserrechte auf die bedarfsgerechte Verteilung der vorhandenen Wasservorräte bzw. die Durchsetzung wasserkonservierender Maßnahmen aus?

- Durch welche gesetzlichen Regelungen versucht der Gesetzgeber in den südlichen und mittleren Plainsstaaten, die Übernutzung des Ogallala Aquifers auszuschließen?

- Welche großräumlichen Verlagerungsprozesse ergeben sich aus der Veränderung der Bodennutzung und der tierischen Produktion im kalifornischen Längstal und den südlichen und mittleren Plainsstaaten?

## 2 Die Auswirkungen der Dürre (1987–1992) auf die Bewässerungslandwirtschaft im kalifornischen Längstal und die Wasserversorgung der südkalifornischen Agglomerationen

Trockene Jahre sind seit Beginn des Jahrhunderts in Kalifornien mit einer gewissen Regelmäßigkeit aufgetreten (Abb. 2). Die Dürreperiode von 1987 bis 1992 stellte allerdings wegen der Dauer und der Aufeinanderfolge extrem trockener Jahre einen Sonderfall dar. Die Farmer im kalifornischen Längstal und die südkalifornischen Agglomerationen wurden mit einer bis zu diesem Zeitpunkt noch nicht aufgetretenen Wasserverknappung konfrontiert. Das Ausbleiben der Niederschläge in Nordkalifornien führte

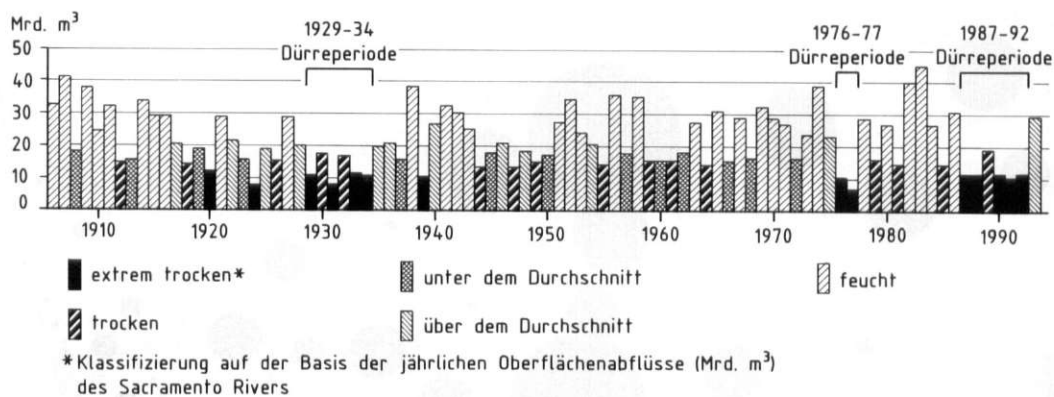


Abb. 2: Trockene und feuchte Jahre in Kalifornien (1906–1993)

Quelle: Department of Water Resources 1993

Dry and wet years in California (1906–1993)

dazu, daß aus den staatlichen Bewässerungsprojekten nur noch Bruchteile der an sich vertraglich zugesicherten Wasserzuteilung bereitgestellt werden konnten (Tab. 1). Diese Reduzierung betraf in besonderem Maße die Agrarwirtschaftsräume, die nicht in der Lage waren, durch eine verstärkte Nutzung von Grundwasservorräten die ausbleibende Zuteilung auszugleichen. Hierbei handelte es sich vor allem um die sogenannten *westlands* der Fresno County und große Teile der westlichen Kern County. Dort, wo eine Nutzung von Grundwasser möglich war – dies trifft vor allem für die zentralen und östlichen Teile des Längstales zu – kam es zu einer sehr schnellen Absenkung des Grundwasserspiegels (Abb. 3). Um das Wasser im benötigten Umfange heraufpumpen zu können, wurden zahlreiche neue Tiefbrunnen abgesenkt (Tab. 2). Hierdurch traten hohe Kosten auf, die die Betriebsergebnisse der Farmen negativ beeinflussten. Die starke Übernutzung der Grundwasservorräte führte zu Bodenabsenkungen, die Gebäudeschäden nach sich ziehen werden. In den küstennahen Bereichen des Salinas Valleys kam es durch die verstärkte Nutzung des Grundwassers zu einer Meerwasserintrusion, die eine Gefährdung der

Tabelle 1: Wasserzuteilung des State Water Projects und des Central Valley Projects an Vertragsnehmer in den Jahren 1987 bis 1992, Angaben in % der Vertragsmenge

Water deliveries of the State Water Project and the Central Valley Project to contractors between 1987 and 1992, in percent of the contracted amount

	1987	1988	1989	1990	1991	1992
Central Valley Project						
Städte/Industrie	100	100	100	50/75	50	75
Landwirtschaft	100	100	100	50	25	25
State Water Project						
Städte/Industrie	100	100	100	100	30	45
Landwirtschaft	100	100	100	50	0	45

Quelle: Department of Water Resources 1993, 32

Tabelle 2: Neu gebohrte Brunnen für Bewässerungszwecke im San Joaquin-Tal zwischen 1984 und 1991

New irrigation wells in the San Joaquin valley between 1984 and 1991

Jahr	Anzahl neuer Brunnen
1984	250
1985	233
1986	119
1987	242
1988	374
1989	485
1990	655
1991*	1306

\* bis August

Quelle: Northwest Economic Associates 1992

Trinkwassergewinnung zur Folge hatte (vgl. KLOHN 1994).

Die Wasserverknappung bewirkte, daß allein im Längstal im Jahre 1991 über 96 500 ha nicht bestellt werden konnten und auf nahezu 51 000 ha Mindererträge auftraten (Tab. 3). Die Gesamtverluste lassen sich nicht genau beziffern, weil eine endgültige Bilanzierung nicht erfolgt ist. Allein im Jahre 1991 verminderte sich die Wertschöpfung der Landwirtschaft in den am stärksten betroffenen Gebieten (Tab. 4) um 281,5 Mill. \$, die gesamtwirtschaftliche Wertschöpfung nahm um 545,8 Mill. \$ ab. Über den Gesamtzeitraum der Dürre dürften Verluste von mehreren Mrd. \$ aufgetreten sein. Im San Joaquin-Tal gingen allein im Jahre 1991 nahezu 9000 Arbeitsplätze in der Landwirtschaft und der ihr vor- und nachgelagerten Industrie verloren, was in einigen kleineren Kommunen, die nahezu vollständig von der Agrarwirtschaft abhängen, zu weitreichenden sozioökonomischen Problemen führte.

Die Farmer im zentralen und südlichen Längstal reagierten auf die Reduzierung der Wasserzuteilung

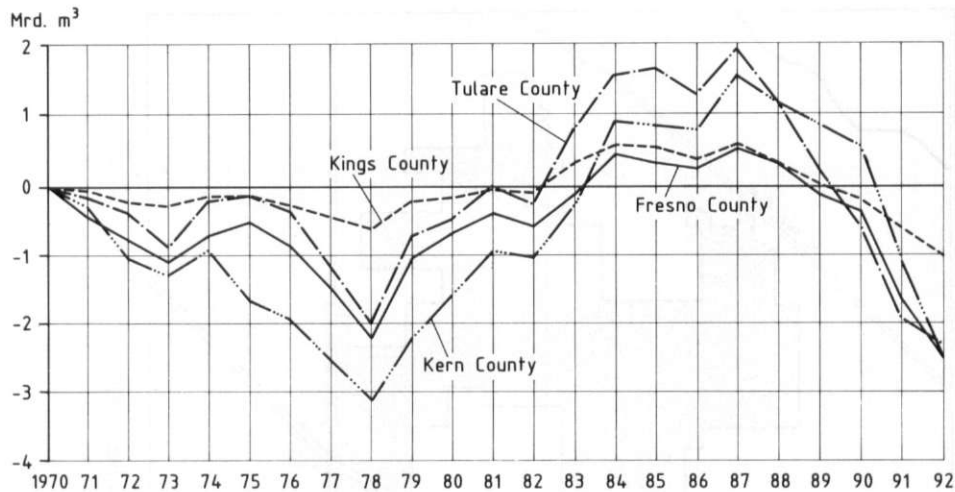


Abb. 3: Veränderung der Grundwasservorräte in ausgewählten Counties des San Joaquin-Tales zwischen 1970 und 1992  
Quelle: Department of Water Resources 1993

Changes in the groundwater resources of selected counties in the San Joaquin valley between 1970 and 1992

und die Verteuerung des für Bewässerungszwecke benötigten Wassers in folgender Weise. Das verfügbare Wasser wurde vorrangig für die Versorgung der Dauerkulturen verwendet, die auch weitgehend vor dem Verdorren gerettet werden konnten. Ausgenommen sind hiervon allerdings einige besonders betroffene Gebiete in der Kern County, in denen keinerlei Grundwasser bereitstand und die Wasserkosten wegen des langen Transportweges so hoch waren, daß sich der Zukauf nicht rentierte. Hier gingen etwa 2500 ha Dauerkulturen, insbesondere Wein, verloren. Der eingetretene Wandel in der Bodennutzung läßt sich aus Tab. 5 und Abb. 4 entnehmen. Besonders deutlich wird im Bereich des Berrenda Mesa Water Districts (nordwestliche Kern County) der große Anteil der erzwungenen Brache und die Konzentration auf Dauerkulturen.

An der Ostseite des Längstales, wo ergiebige Grundwasservorkommen vorhanden sind, traten

Einbrüche in der agrarischen Wertschöpfung nur begrenzt auf, weil durch verstärkte Nutzung dieser Ressourcen der Wasserbedarf gesichert war. Allerdings hat die mehrjährige Übernutzung des Grundwasserkörpers den Grundwasserspiegel stark absinken lassen, so daß vielfach eine Vertiefung der Brunnen notwendig wurde. Es wird mehrerer überdurchschnittlich feuchter Jahre bedürfen, um die Vorräte wieder anzureichern.

In eine kritische Lage gerieten auch die städtischen Agglomerationen im südlichen Kalifornien, weil sie ab 1990 aus dem Central Valley Project und ab 1991 aus dem State Water Project deutlich weniger Wasser erhielten (vgl. Tab. 1). Der Metropolitan Water District of Southern California, der für die Wasserversorgung dieser Region zuständig ist, kaufte in großem Umfange Wasser von der State Drought Water Bank, um die Versorgung der Bevölkerung und der Industrie zu sichern (vgl. Abschnitt 5).

Tabelle 3: Auswirkungen der Dürre auf die Bewässerungslandwirtschaft im Central Valley (1991), Angaben in ha  
Impacts of the drought on irrigated agriculture in the Central Valley (1991), data in ha

Schadensform	Zone					Gesamt
	Kern	Fresno-Kings	Kaweah-Tule	West Side	East Side	
Erzwungene Brache	41 280	6271	12 664	35 860	448	96 523
Aufgegebene Kulturen	3 668	814	98	1 711	-	6 291
Ertragsminderung	45 064	1059	-	2 285	2442	50 852
Gesamt	90 012	8144	12 762	39 856	2890	153 664
% des bewässerten Nutzlandes	26,3	1,8	4,4	7,9	0,8	7,9

Quelle: Northwest Economic Associates 1992

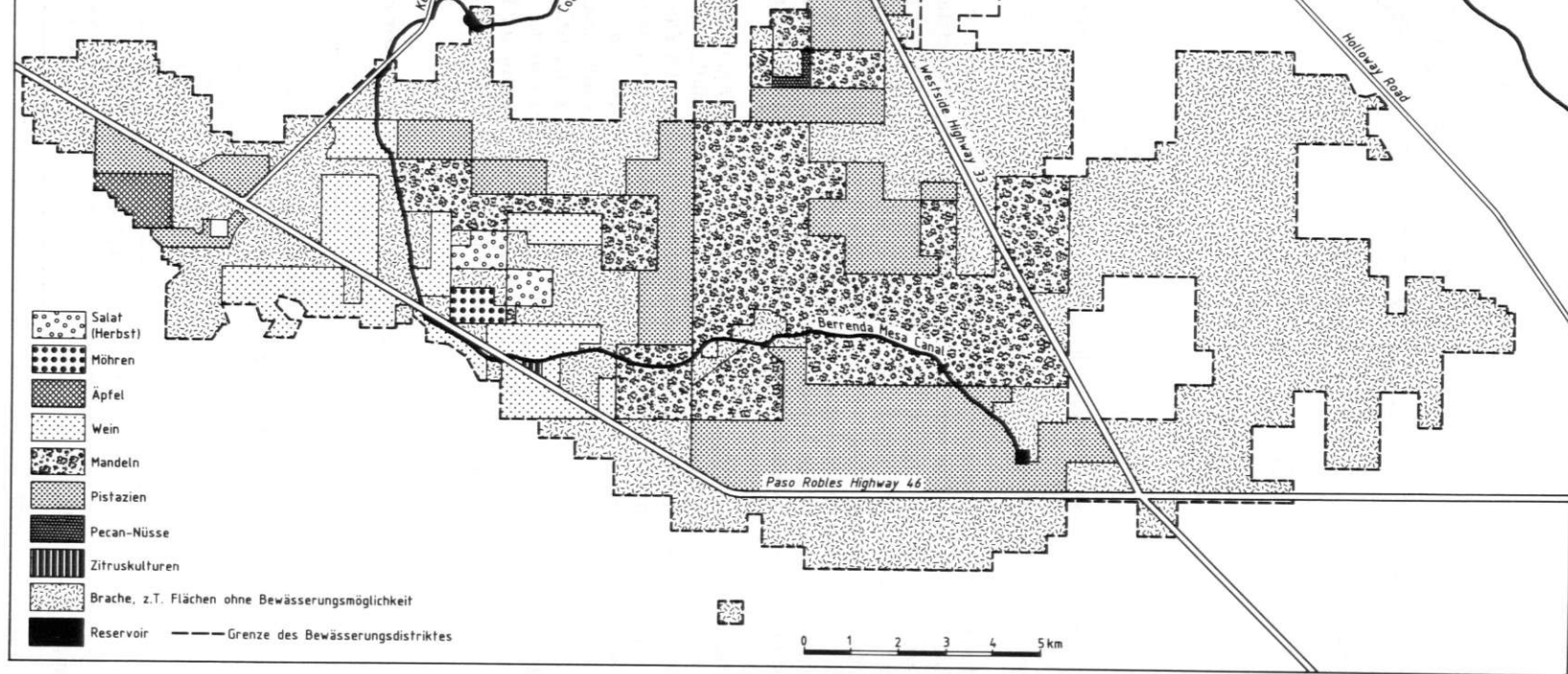


Abb. 4: Die Bodennutzung im Bereich des Berrenda Mesa Water Districts im Jahre 1993

Quelle: Unterlagen des Bewässerungsdistriktes

Land use in the Berrenda Mesa Water District in 1993



Tabelle 4: Auswirkungen der Dürre auf die Wertschöpfung der Farmen sowie die Gesamtwirtschaft im kalifornischen Längstal (1991)

Impacts of the drought on the production value of agriculture and the overall economy (1991)

Zone	Verminderte Wertschöpfung (Mill. \$)	
	Landwirtschaft	Gesamtwirtschaft
Kern	170,8	332,6
Fresno-Kings	11,8	22,3
Kaweah-Tule	16,5	31,2
West Side	76,1	147,1
East Side	6,3	12,6
Gesamt	281,5	545,8

Quelle: Northwest Economic Associates 1992

Tabelle 5: Die Veränderung der Anbauflächen für ausgewählte Feldfrüchte in der Kern County zwischen 1985 und 1991

Changes in the harvested crop area for selected crops in Kern County between 1985 and 1991

Anbaufrucht	Fläche (ha)				
	1985	1987	1989	1991	1992
Baumwolle	111 980	114 342	110 328	91 243	110 449
Gerste	11 402	9 121	8 371	3 394	4 751
Heu (Alfalfa)	33 390	41 275	38 090	44 398	35 746
Mais	2 394	1 906	1 668	-	-
Safflor (Färberdistel)	-	-	2 410	2 698	3 265
Sorghum	1 841	1 629	645	-	-
Weizen	21 419	18 313	11 099	4 973	8 072
Zuckerrüben	3 087	4 337	7 753	3 602	3 942
Gemüse	28 295	32 146	38 856	40 652	41 789

Quelle: Kern County, Agricultural Crop Report, verschiedene Jahrgänge

### 3 Die Auswirkungen der Grundwasserabsenkung im Bereich des Ogallala Aquifers auf die Agrarwirtschaft in den Staaten der südlichen und zentralen Great Plains

Die Bewertung der Great Plains im Hinblick auf die agrarische Nutzungsmöglichkeit hat im Verlaufe der vergangenen 150 Jahre mehrfach gewechselt. Während man auf der Grundlage früherer Bereisungen bis etwa 1870 eher geneigt war, ihnen einen wüstenhaften Charakter (*Great American Desert*) zuzusprechen, die jegliche agrarische Nutzung ausschloß, kam es danach zu einer völligen Umbewertung (vgl. WEBB 1931). Feuchte Jahre und ein Interesse an einer dauerhaften Besiedlung der Grasländer führten zu der Auffassung, daß hier ein neues Zentrum der Agrarproduktion entstehen könnte. In der Auffassung *the rain follows the plow* fand die Fehleinschätzung der ökologischen Situation ihren treffenden Ausdruck (WILBER 1881). Dürrephasen gegen Ende des 19. Jahr-

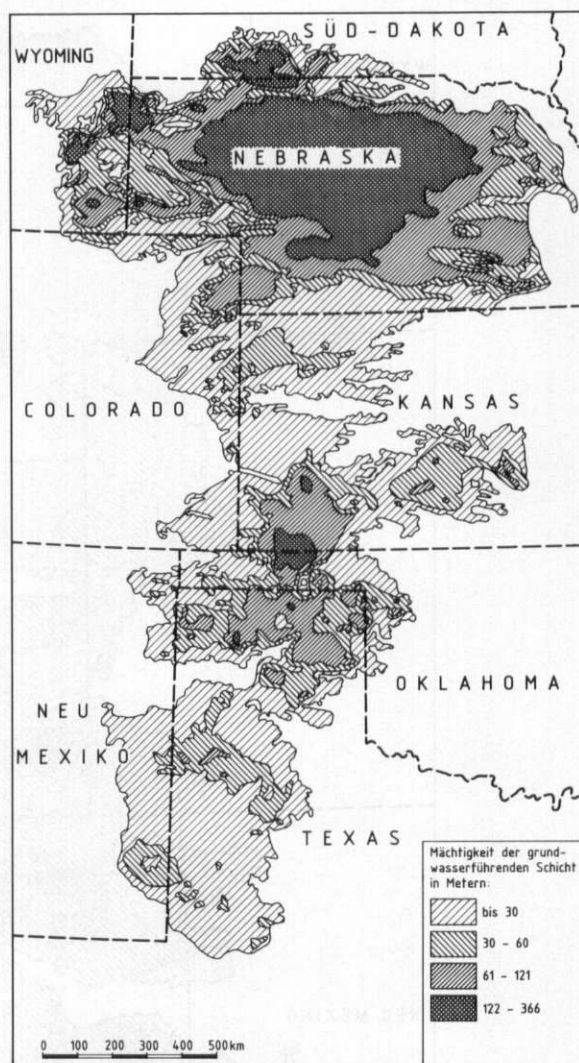


Abb. 5: Der Ogallala Aquifer  
Quelle: KROMM a. WHITE 1990  
The Ogallala aquifer

hunderts und während der dreißiger Jahre (Bildung der *dust bowl*) machten deutlich, daß spezifische Nutzungsformen notwendig sein würden, um hier dauerhaft Pflanzenbau zu betreiben. Mit der Erschließung der Wasservorräte des Ogallala Aquifers (Abb. 5) breitete sich seit den fünfziger Jahren flächenhaft die Bewässerungslandwirtschaft aus. Voraussetzung hierfür waren leistungsfähige Pumpen, die in der Lage waren, Wasser aus großen Tiefen zu fördern, die Verfügbarkeit über billige Energie (Erdgas) und neue Verteilungssysteme. Mit dieser *climate-free agriculture* schien man das Ziel des *Garden in the Grasslands* erreicht zu haben. Auf der Basis einer neuen Futtergrundlage (Mais, Alfalfa) entstand in den südlichen und zentralen Great Plains ein Zentrum der Rindermast, das innerhalb weniger Jahrzehnte große Anteile an der

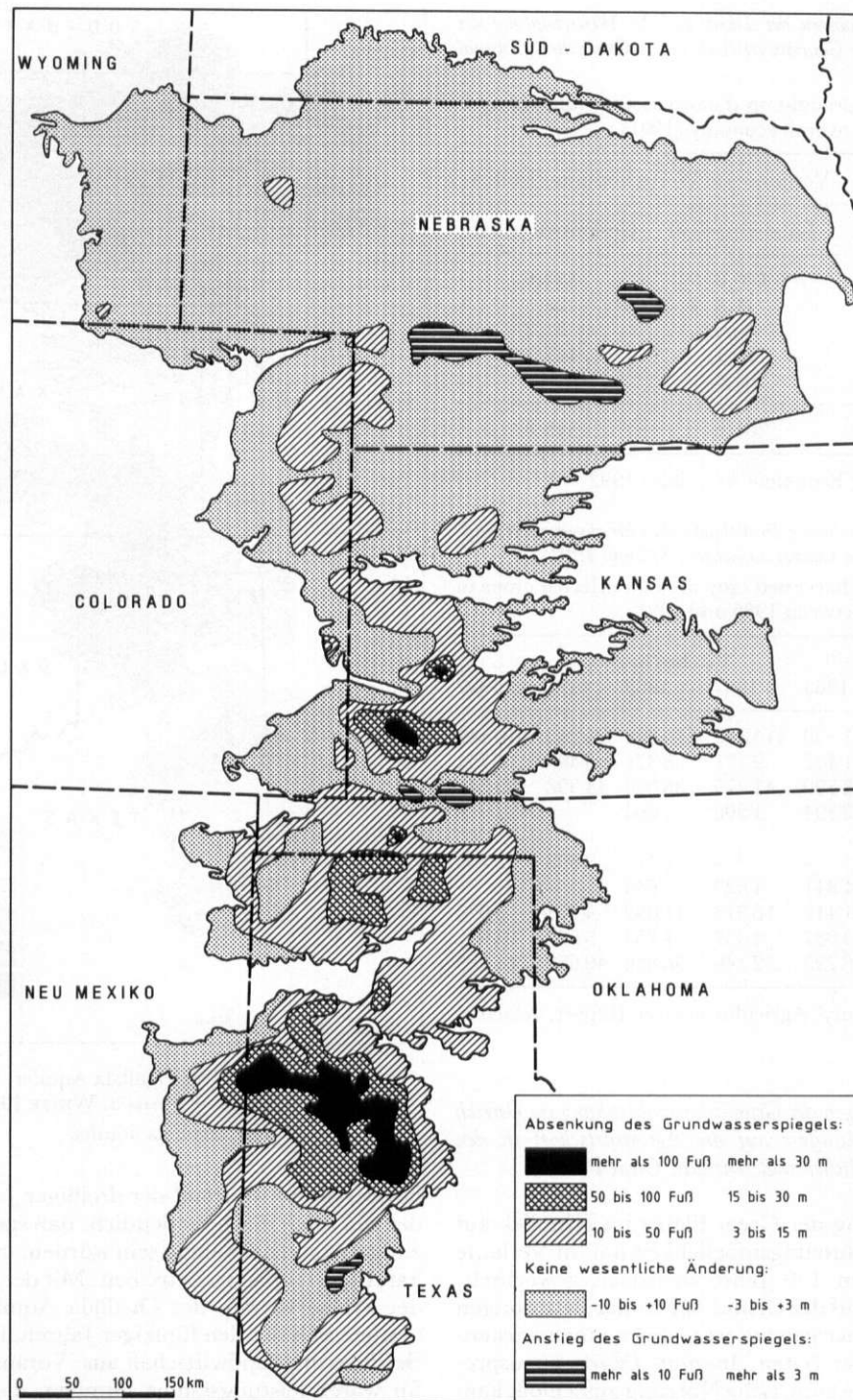


Abb. 6: Absenkung des Wasserspiegels des Ogallala Aquifers 1940–1980

Quelle: DUGAN, McGRATH a. ZELT 1994

Decrease of the water table of the Ogallala aquifer, 1940–1980

US-amerikanischen Gesamtproduktion auf sich vereinigte (78% im Jahre 1993).

Die schnelle Ausweitung des Bewässerungsfeldbaus (Tab. 6) und die damit verbundene Einrichtung immer neuer Tiefbrunnen führte in wenigen Jahrzehnten zu einer deutlichen Absenkung des Grundwasserspiegels (Abb. 6) und in einigen Gebieten des Texas Panhandles sogar zu einer Erschöpfung der Vorräte (vgl. hierzu KROMM a. WHITE 1990 sowie OPIE 1993). Eine vom US-Kongreß im Jahre 1976 in Auftrag gegebene Studie ließ deutlich werden, daß eine Fortführung der Wassernutzung im bisherigen Umfang in einigen Bereichen des Aquifers bereits zu Beginn des 21. Jahrhunderts zu dessen völliger Erschöpfung führen würde (NELLS 1987). Gegenmaßnahmen waren angezeigt, die jedoch wegen der unterschiedlichen Wasserrechte in Texas, Oklahoma und Kansas nicht einfach durchzusetzen waren.

In Texas ist der Gesetzgeber nicht in der Lage gewesen, eine Reduzierung der Wasserentnahme durchzusetzen, dort ist es deshalb in einigen Teilen des Panhandles bereits zu einem Leerpumpen des Aquifers und zu einer Aufgabe der Bewässerungslandwirtschaft gekommen. In Oklahoma ist zwar eine Genehmigung der Wasserentnahme durch den *Water Resources Board* notwendig, doch wird die tatsächliche Wasserentnahme nicht über Wasserzähler kontrolliert, so daß von einer fortlaufenden Übernutzung ausgegangen wird. In Kansas wird demgegenüber eine gezielte Bewirtschaftung der Grundwasservorkommen durchgeführt, nachdem im Verlaufe der siebziger Jahre *Groundwater Management Districts* installiert wurden. Hier ist es möglich, das Niederbringen weiterer Brunnen zu untersagen. Ziel der Wasserbewirtschaftungspläne ist es, durch eingehende Beratung der Farmer den Wasserverbrauch zu reduzieren und den Nutzungszeitraum zu verlängern. Dies wird durch Propagierung neuer Bewässerungstechniken sowie gezielte Bedarfsermittlungen für die einzelnen Feldfrüchte in Abhängigkeit vom Witterungsverlauf zu erreichen versucht. Die Bereitschaft der Farmer, die Innovationen aufzunehmen, ist groß, weil sie erkannt haben, daß ein weiteres Absinken des Grundwasserspiegels zu einer schnellen Erhöhung der Pumpkosten führt und damit bestimmte Anbaufrüchte mit einem hohen Wasserbedarf (Alfalfa, Mais) aus ökonomischen Gründen nicht mehr kultiviert werden können.

Die sich abzeichnende Erhöhung der Energiekosten (Auslaufen der Verträge für die Erdgaslieferung zu niedrigen Preisen) hat bereits dazu geführt, daß einige Großfarmer und agrarindustrielle Unternehmen dazu übergehen, die tierische Produktion zu intensivieren, weil der Wassereinsatz in diesem Zweig der Agrarproduktion sehr viel höhere Gewinne verspricht als im Pflanzenbau. Es erfolgt gegenwärtig ein Ausbau im Bereich der Schweine- und in der Milchviehhaltung. Auf die sich abzeichnenden Verände-

Tabelle 6: Bewässertes Farmland (in ha) in ausgewählten Counties im südwestlichen Kansas 1949–1992

Irrigated farmland (in ha) in selected counties of southwestern Kansas 1949–1992

Jahr/County	Finney	Ford	Haskell	Grant	Gray
1949	15 066	952	1 113	4 258	633
1954	22 169	3 402	4 786	9 780	3 132
1959	40 773	6 640	24 968	19 164	9 875
1964	41 987	6 745	32 256	29 891	12 034
1969	54 561	12 816	50 486	33 670	31 146
1974	61 018	15 356	64 036	38 418	54 700
1978	89 562	30 744	76 805	47 911	72 683
1982	83 891	32 949	73 106	48 974	77 369
1987	74 536	31 416	62 516	40 239	62 473
1992	90 955	36 153	78 168	45 694	68 152

Quelle: USDC, Census of Agriculture, verschiedene Jahrgänge

rungen im Pflanzenbau wird in Abschnitt 6 eingegangen.

#### 4 Anpassungsstrategien an die Wasserverknappung – ein Vergleich

In den beiden Untersuchungsgebieten ist es zu deutlich unterschiedlichen Reaktionen auf die Wasserverknappung gekommen, die u. a. bedingt sind durch die Ursachen für die Verringerung des Angebotes an Wasser für Bewässerungszwecke. In Kalifornien handelte es sich um eine zeitlich begrenzte Verknappung, die allerdings wegen des Ausmaßes der notwendigen Reduzierung der Wasserzuteilung so gravierend war, daß innerhalb kürzester Zeit Anpassungsstrategien entwickelt werden mußten, wenn man nicht in einigen Gebieten des südlichen Längstales einen Zusammenbruch der Agrarproduktion akzeptieren wollte. Die Versorgung der Wohnbevölkerung und auch der Industrie war ohnehin sicherzustellen. Demgegenüber handelt es sich bei der Wasserverknappung in den südlichen und zentralen Great Plains eher um einen langfristigen Vorgang, der sich über mehrere Jahrzehnte erstrecken wird. Wegen der Langfristigkeit des Prozesses ist der Grad der Betroffenheit geringer, denn es ist, von einigen Gebieten im Texas Panhandle abgesehen, bislang nicht zu ernsthaften Versorgungsengpässen, wohl aber zu erhöhten Wasserkosten gekommen. Diese langfristige Perspektive erschwert es, Anpassungsstrategien zu entwickeln, sie auf eine gesetzliche Grundlage zu stellen und dann diese auch durchzusetzen.

In Kalifornien verlangte die extreme Dürresituation eine kurzfristige Anpassung zu Beginn der neunziger Jahre, weil die Aufsichtsbehörden, die die Wasserzuteilung steuern, zunächst noch in vollem Umfange Wasser bereitgestellt hatten (vgl. Tab. 1),



denn man ging davon aus, daß es sich nur um eine Trockenphase von zwei oder drei Jahren handeln würde. Als die Dürre jedoch in das vierte und fünfte Jahr ging und die Talsperren weitestgehend geleert waren, waren Notmaßnahmen unabwendbar. Absolute Priorität hatte, hierauf wurde bereits hingewiesen, die Sicherung der Dauerkulturen, wobei allerdings auch hier vielfach nur eine Erhaltungsbewässerung möglich war und keine hinreichenden Mengen für das Erzielen einer Ernte zur Verfügung standen. Ein Rückgriff auf Grundwasservorräte war an der Westseite des Längstales nur vereinzelt möglich, weil diese entweder so tief lagen, daß die Kosten für das Niederbringen der Brunnen höher waren als der zu erwartende ökonomische Erfolg, oder aber einen zu hohen Salz- bzw. Selengehalt aufwiesen (vgl. hierzu WINDHORST 1990, 31ff). Einige Farmer mischten das belastete Grundwasser mit dem zugeteilten Oberflächenwasser, um zumindest einen Teil der Nutzflächen bebauen zu können. Allerdings war dies zu meist nur ein oder zwei Jahre lang möglich, weil die Salzkumulation sehr schnell zu Werten führte, die eine ernste Standortgefährdung bedeuteten.

Um den Wasserbedarf zu verringern, wurden neue Bewässerungsformen installiert (Minisprinkler, Tröpfchenbewässerung). Diesen Weg gingen nur Großfarmen und Kapitalgesellschaften mit einem hohen Anteil an Sonderkulturen, die auch während einer Phase geringer Einnahmen aus der Agrarproduktion zu solchen Investitionen in der Lage waren. Generell wurden Nutzpflanzen, die einen hohen Wasserbedarf haben, aber im Vergleich zu anderen Pflanzen bei gleichem Wassereinsatz geringere Gewinne abwarfen, nicht mehr angebaut. Die verstärkte Zuwendung zu den *cash crops* (Tomaten, Frühjahrssalat) engte das Anbauspektrum ein und führte bei diesen Anbaufrüchten zu einer Überversorgung des Marktes und Preiseinbrüchen. Ab 1994, als wieder mehr Wasser zur Verfügung stand, glich sich das Bild wieder der Situation vor der Dürre an.

In den Great Plains läuft der Anpassungsprozeß an die sich langfristig abzeichnende Erschöpfung des Ogallala Aquifers regional unterschiedlich ab. Um zu verstehen, weshalb Farmer im Texas- und Oklahoma Panhandle sich gegen staatliche Maßnahmen wehren, die eine schonende Behandlung der Wasservorräte und eine Reduzierung der Wasserentnahme vorsehen, muß man die längerfristige Entwicklung der Landwirtschaft in diesen Gebieten berücksichtigen. Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts kam es im Gefolge von Dürren zu einem mehrmaligen Zusammenbrechen der Pflanzenproduktion. Mit der Erschließung der Grundwasservorräte konnte die Abhängigkeit von den Witterungsverläufen in hohem Maße verringert werden, eine deutliche Stabilisierung des Agrarsektors war die Folge. Aus diesem Grunde wurde und wird allen Versuchen seitens des Staates, die freie Verfügbarkeit der Farmer über diesen für sie

existentiellen Produktionsfaktor einzuschränken, mit großem Widerstand begegnet.

Demgegenüber wurden in Kansas Gesetze verabschiedet, die eine Wasserbewirtschaftung zulassen. Auf dieser Grundlage ist es den *Groundwater Management Districts* gelungen, die Verbreitung wassersparender Bewässerungsformen zu forcieren. Das Absinken des Wasserspiegels und die stetige Erhöhung der Energiekosten für das Heraufpumpen des Wassers haben den Farmern schnell verdeutlicht, daß die Rentabilitätsgrenze in kurzer Zeit erreicht sein würde. Als besonders erfolgreich erwies sich die Verwendung von Kreisberegnungsanlagen (*center pivots*) mit nach unten gerichteten Sprühhöpfen, weil diese den Wasserbedarf deutlich reduzierten (Tab. 7).

Tabelle 7: Vergleich des Wasserverbrauchs bei verschiedenen Bewässerungssystemen im Southwest Groundwater Management District No. 3 (Kansas)

Comparison of the water consumption of selected irrigation systems used in the Southwestern Groundwater Management District No. 3 (Kansas)

Bewässerungssystem	Wasserverbrauch in m <sup>3</sup> pro acre und Jahr
Flächenbewässerung	1566
Sprinklerbewässerung (keine Kreisberegnung)	1406
Kreisberegnungsbewässerung	1467
Kreisberegnungsbewässerung mit LEPA-System	1319

Quelle: Mündliche Angaben des Kansas Water Office

Die Erhöhung der Energiekosten hat in Verbindung mit der steigenden Nachfrage der Rindermastbetriebe nach Futtermitteln bereits zu einer Reduzierung der Bewässerung von Hirse (*Sorghum vulgare*) und einer stärkeren Zuwendung zu Mais geführt, weil dieser bei gleichem Wassereinsatz deutlich höhere Gewinne ermöglicht. Mittelfristig wird der Anstieg der Energiekosten jedoch zu einer Aufgabe des großflächigen Maisanbaues führen. In mehreren Schritten (vgl. Abschnitt 6) wird dann ein Übergang zu neuen Fruchtfolgesystemen eintreten.

Die Begrenztheit der Ressource Wasser und die um sich greifende Einsicht, daß die Bewässerungslandwirtschaft auf der Grundlage von fossilen Wasservorräten ein *one-time-experiment* ist, hat bei einer Reihe von Großfarmen zu einer gegenläufigen Anpassungsstrategie geführt, nämlich zu umfangreichen Investitionen in die Nutztierhaltung (Rindermast, Schweinemast, Milchviehhaltung), weil hierfür auch in Zukunft in ausreichenden Mengen Wasser zur Verfügung stehen wird. Damit deutet sich eine Verlagerung der Gewichte in der agrarischen Wertschöpfung an.

Der Vergleich der Anpassungsstrategien hat deutlich werden lassen, daß in Kalifornien kurzfristige Reaktionen auf eine Dürresituation das Ziel hatten, die Ertragseinbußen möglichst gering zu halten, die Dauerkulturen zu retten und das Wasser auf solche Kulturen zu konzentrieren, die sichere Gewinne versprachen. In den Great Plains kann demgegenüber wegen des längeren Anpassungszeitraumes experimentiert werden. Verschiedene Anpassungsstrategien können auf ihre Tragfähigkeit hin getestet werden. Unverkennbar ist allerdings, daß zumindest Großfarmen und agrarindustrielle Unternehmen von einer deutlichen Verringerung der Gewinne aus dem Pflanzenbau ausgehen und sich stärker der Nutztierhaltung zuzuwenden beginnen.

##### 5 Reaktionen des Gesetzgebers auf die Wasserverknappung

Die im Gefolge der nahezu sechs Jahre anhaltenden Dürre auftretende Wasserverknappung zwang den Staat Kalifornien zu einem schnellen Handeln, um weitreichende ökonomische Folgen für die Gesamtwirtschaft zu verhindern und die Versorgung der Wohnbevölkerung mit Wasser sicherzustellen. Die wichtigsten Maßnahmen sollen überblicksartig dargestellt werden.

###### - State Drought Water Bank

Als im Jahre 1991 die Wasserversorgung in Kalifornien eine äußerst kritische Phase erreichte, setzte der Gouverneur eine Arbeitsgruppe ein, die den Auftrag erhielt, kurzfristige Vorschläge zu unterbreiten, die geeignet waren, dieser Krisensituation zu begegnen. Die Arbeitsgruppe schlug die Einrichtung einer *State Drought Water Bank* vor. Sie sollte vom *Department of Water Resources* überwacht werden und das Ziel haben, in Wasserüberschußgebieten des Nordens oder von anderen abgabewilligen Farmern oder Institutionen Wasser zu kaufen und dieses dann zu einem festzusetzenden Preis abzugeben. Das Wasser sollte in erster Linie verwendet werden, um die Wohnbevölkerung zu versorgen, in besonders von der Dürre betroffenen Agrargebieten den Erhalt der Dauerkulturen zu ermöglichen sowie Habitate von gefährdeten Wildtieren und Fischen zu erhalten.

Wegen der Dringlichkeit der Entscheidung konnten nicht alle rechtlichen Fragen, die im Zusammenhang mit einer solchen Maßnahme standen, geklärt werden. Strittig war vor allem, ob es den einzelnen Farmern gestattet werden sollte, Wasser zu verkaufen und dann die eigenen Nutzflächen brach fallen zu lassen. Die Frage der sozioökonomischen Auswirkungen in den Gebieten mit Wasserabgabe, sogenannte *third-party impacts*, wurde sehr kontrovers diskutiert, weil sich nach kalifornischem Recht das Wasser im Besitz des Staates befindet und den Einwohnern nur

das Nutzungsrecht übertragen wird. Den Umfang und die Richtung des Handels mit Wasser im Jahre 1991 zeigt Abb. 7. Deutlich wird, daß vor allem die städtischen Agglomerationen als Käufer auftraten, weil sie in der Lage waren, pro m<sup>3</sup> einen Preis bis zu 40 oder 50 Cents zu zahlen, denn die Kosten konnten an die Verbraucher weitergegeben werden. Farmer waren dazu nicht in der Lage, denn sie hatten in der Vergangenheit deutlich unter 10 Cents/m<sup>3</sup> aufwenden müssen. Um einem Ausverkauf durch die städtischen Versorgungsunternehmen vorzubeugen, mußten endgültige rechtliche Regelungen gefunden werden.

###### - Central Valley Project Improvement Act

Gegen Ende des Jahres 1992 wurde vom Präsidenten der USA der *Central Valley Project Improvement Act* unterzeichnet. Dieses Gesetz hat folgende Ziele:

- Lebensräume für Fische und sonstige wildlebende Tiere im Bereich des kalifornischen Längstales und im Einzugsbereich des Trinity Rivers sollen geschützt, verbessert bzw. wiederhergestellt werden.

- Die ökologische Situation im Delta (Zusammenfluß des Sacramento Rivers und des San Joaquin Rivers östlich von San Francisco) soll geschützt und verbessert werden.

- Eine ausgewogene Wasserzuteilung für Landwirtschaft, Städte und Industrie, Energiegewinnung und Naturschutz soll herbeigeführt werden.

Die wichtigsten Regelungen dieses Gesetzes können in folgender Weise zusammengefaßt werden:

- Der Natur- und Umweltschutz erhält in Zukunft die gleiche Rangstellung bzgl. der Wasserzuteilung wie die Landwirtschaft, die Energieerzeugung bzw. Städte und Industrie.

- Das Gesetz legt in Ausführungsbestimmungen fest, daß eine Verlängerung der Wasserlieferungsverträge zwischen dem *Bureau of Reclamation* und den in den Wasserdistrikten zusammengeschlossenen Abnehmern erst dann erfolgen kann, wenn eine Studie vorgelegt wird, die aufzeigt, welche direkten und indirekten Wirkungen durch den neuen Vertrag auf die Lebensräume von Fischen und sonstigen wildlebenden Tieren ausgehen werden. Die Laufzeit solcher Verträge ist generell von 40 auf 25 Jahre verkürzt worden.

- Das Gesetz legt fest, daß pro Jahr ein Betrag von 50 Mill. \$ bereitgestellt werden muß, um die natürlichen Lebensräume in dem vom *Central Valley Project* betroffenen Gebieten wiederherzustellen. Der Betrag ist durch Erhöhung der Wasserkosten aufzubringen.

- Das Gesetz ermöglicht es in Zukunft, Wasser aus dem *Central Valley Project* auch an solche Nachfrager zu verkaufen, die keine langfristigen Lieferverträge haben. Dies darf aber nur dann geschehen, wenn keine nachhaltigen ökologischen bzw. sozioökonomi-

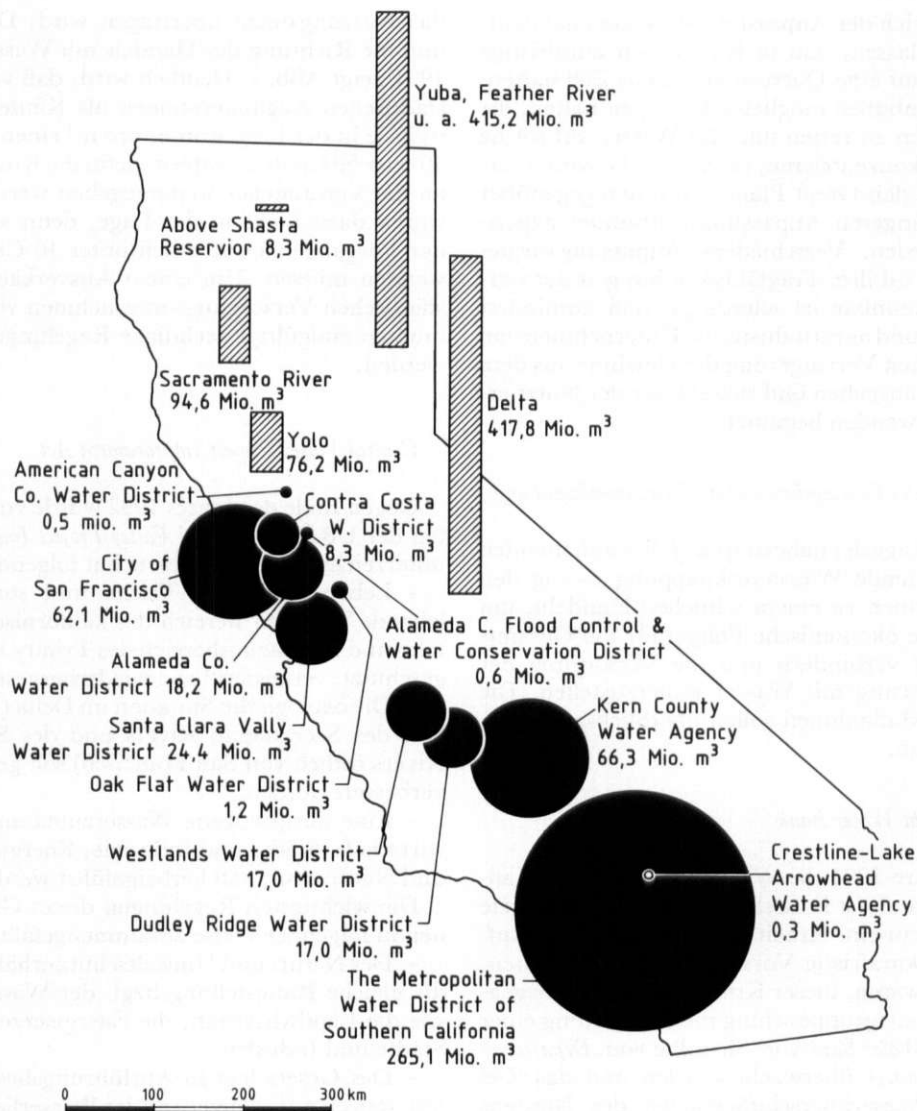


Abb. 7: Wassereinkauf und Wasserverkauf der Drought Water Bank im Jahre 1991  
 Quelle: Department of Water Resources 1992

Water purchase and water sale of the Drought Water Bank in 1991

schen Auswirkungen auf die Wasserabgabengebiete zu befürchten sind.

Die Reaktionen auf das Gesetz waren sehr unterschiedlich. Während es vor allem von den Natur- und Umweltschützern als großer Sieg gefeiert wurde und der *Metropolitan Water District of Southern California* die erweiterten Handelsmöglichkeiten mit Wasser als sinnvollen Weg in Richtung auf eine Neustrukturierung der Wasserverteilung in Kalifornien begrüßte, wiesen die Farmerorganisationen auf die zu erwartenden Negativwirkungen für die Landwirtschaft im kalifornischen Längstal hin. Im Bereich der sogenannten *westlands* und der Kern County geht man davon aus, daß die Bewässerungsdistrikte mittel-

fristig nur etwa 60 bis 70 % der vertraglich zugesicherten Wasserverteilung erhalten werden. Dies wird ein Bruchfallen umfangreicher Flächen und eine Konzentration des Wassers auf die wichtigsten *cash crops* (Tomaten, Salat, Dauerkulturen) zur Folge haben.

Wegen der Längerfristigkeit der Wasserverknappung im Bereich des Ogallala Aquifers unterscheiden sich die Reaktionen des Gesetzgebers in den Staaten der südlichen und zentralen Great Plains deutlich von denen in Kalifornien. Am Beispiel von Kansas sollen die wichtigsten gesetzlichen Regelungen vorgestellt werden, weil von ihnen der weitreichendste Eingriff auf die freie Wasserverfügbarkeit durch die Farmer ausgeht.



- *Groundwater Management District Act*

In Kansas galt bis zum Jahre 1945 die Regelung, daß ein Landeigentümer auch Besitzer des darunterliegenden Grundwassers war. Im *Kansas Water Appropriation Act* von 1945 wurde dieses Recht dahingehend geändert, daß in Zukunft das Wasser der Allgemeinheit gehören und dessen Nutzung der staatlichen Aufsicht unterliegen sollte. Im Jahre 1972, als die Absenkung des Wasserspiegels im Bereich des Ogallala Aquifers bereits deutlich erkennbar war, wurde der *Ground Water Management District Act* erlassen, der es möglich machte, Wassernutzer auf lokaler und regionaler Ebene in die Verantwortung für einen schonenden Umgang mit der Ressource Wasser einzubinden und regionsspezifische Wasserbewirtschaftungspläne zu erlassen. Eine weitere Möglichkeit für die dem Landwirtschaftsministerium unterstellte *Division of Water Resources*, dem Problem der Absenkung des Grundwasserspiegels und der Wasserverknappung zu begegnen, war die Ausweisung sogenannter *Intensive Groundwater Use Control Areas*. Zwischen 1980 und 1984 wurden acht solcher Regionen eingerichtet. In einigen Teilen dieser Regionen ist jegliche Ausweitung der Grundwassernutzung untersagt, sie werden als *closed areas* bezeichnet.

Seit Februar 1993 ist es nicht mehr möglich, bestehende Nutzungsberechtigungen umzuwidmen, was bedeutet, daß Wasser, welches auf einer Parzelle eingesparrt wird, z. B. durch Übergang zu einer anderen Bewässerungsform, nicht auf eine andere Parzelle transferiert werden darf. Diese Regelung wurde eingeführt, um die Wirkung effektiver Bewässerungssysteme nicht dadurch zunichte zu machen, daß die Farmer das Wasser auf bislang nicht bewässerte Parzellen leiten würden.

Im August 1992 wurde im Rahmen des *Water Rights Conservation Programs* eine Veränderung vorgenommen, die eine Abkehr von der Regelung *use it - or lose it* bedeutet. Verlor ein Farmer bis zu dem Zeitpunkt sein Wasserrecht, wenn er das ihm zustehende Wasser nicht nutzte, kann er nun dieses Recht in einem Vertrag mit der *Division of Water Resources* für die Dauer von bis zu zehn Jahren ruhen lassen. Diese Regelung führt dazu, daß eine Verschwendung des Wassers mit dem alleinigen Ziel der Erhaltung des Wasserrechtes vermieden wird.

Aus der Gegenüberstellung ist deutlich geworden, daß in Kansas eine langfristige Strategie verfolgt wird, um den Zeitpunkt der Erschöpfung des Ogallala Aquifers weit hinauszuschieben. Bestehende rechtliche Regelungen werden dieser neuen Zielsetzung angepaßt und neue Gesetze erlassen. Bemerkenswert ist, daß die Farmer diesen vom Gesetzgeber vorgezeichneten Weg mitgehen; sie tun dies, weil sie erkannt haben, daß die bisherige Form des *water minings* unausweichlich in eine Sackgasse führen und schon relativ kurzfristig gravierende sozioökonomische Pro-

bleme im Farmsektor zur Folge haben würde. Auffallend ist, daß ökologische Aspekte im Gegensatz zu Kalifornien bislang nur eine untergeordnete Rolle spielen.

6 *Perspektiven für die Bewässerungslandwirtschaft in Kalifornien und den Great Plains*

In Kalifornien hat die anhaltende Dürre in aller Deutlichkeit gezeigt, in welchem hohem Maße die Gesamtwirtschaft von der Bereitstellung kostengünstigen Wassers abhängt. Die aus der sich zu Beginn der neunziger Jahre verschärfenden Krisensituation abgeleiteten Konsequenzen hat das *Department of Water Resources* in einem Bericht im *California Water Plan* (Oktober 1994) niedergelegt. Daraus geht hervor, daß die Landwirtschaft im Jahre 2020 etwa 2,84 Mrd. m<sup>3</sup> weniger für Bewässerungszwecke zur Verfügung haben wird als 1990. Diese Wassermenge wird einmal für den Natur- und Umweltschutz bereitgestellt und zum anderen notwendig sein, um die Nachfrage von Wohnbevölkerung und Industrie zu befriedigen. Die Reduzierung um diese Menge bedeutet eine Verringerung des Bewässerungswassers um 7,4%. Wenn man davon ausgeht, daß im Mittel im Längstal für die Irrigation 7570 m<sup>3</sup> Wasser pro ha benötigt werden, kommt dies einer Reduzierung der Bewässerungsfläche um 375 000 ha gleich. Hiervon wird auch die vor- und nachgelagerte Industrie betroffen sein. Welcher Verlust an Arbeitsplätzen daraus resultieren wird, ist bislang nicht im Detail untersucht worden. Zieht man zum Vergleich die Auswirkungen der Dürre heran, kann von einem Verlust zwischen 25 000 und 30 000 Arbeitsplätzen ausgegangen werden. Die agrarische Wertschöpfung dürfte um mindestens 1 Mrd. \$ sinken. In den *westlands* und in der Kern County wird es ebenso wie im Imperial Valley zu einer Veränderung der Bodennutzung kommen, weil Pflanzen mit einem hohen Wasserbedarf und vergleichsweise geringen Gewinnen aufgegeben werden dürften.

Die agrarwirtschaftlichen Veränderungen im Bereich der südlichen und zentralen Great Plains, soweit sie Zugang zu den Wasservorräten des Ogallala Aquifers haben, werden längerfristig erfolgen. Dennoch ist auch hier davon auszugehen, daß es wegen des weiteren Absinkens des Grundwasserspiegels und der schnell steigenden Energiekosten zu einschneidenden Veränderungen in der Bodennutzung kommen wird. Wahrscheinlich wird es nicht zu einem weitflächigen Leerpumpen des Aquifers kommen, und damit dürften die Wandlungsprozesse nicht vorrangig von der Erschöpfung der Wasservorräte bestimmt werden. Im Oklahoma Panhandle und im südwestlichen Kansas wird, anders als im Texas Panhandle, die Steigerung der Energiekosten für das Heraufpumpen des Wassers schon lange vor der Erschöpfung des Aquif-



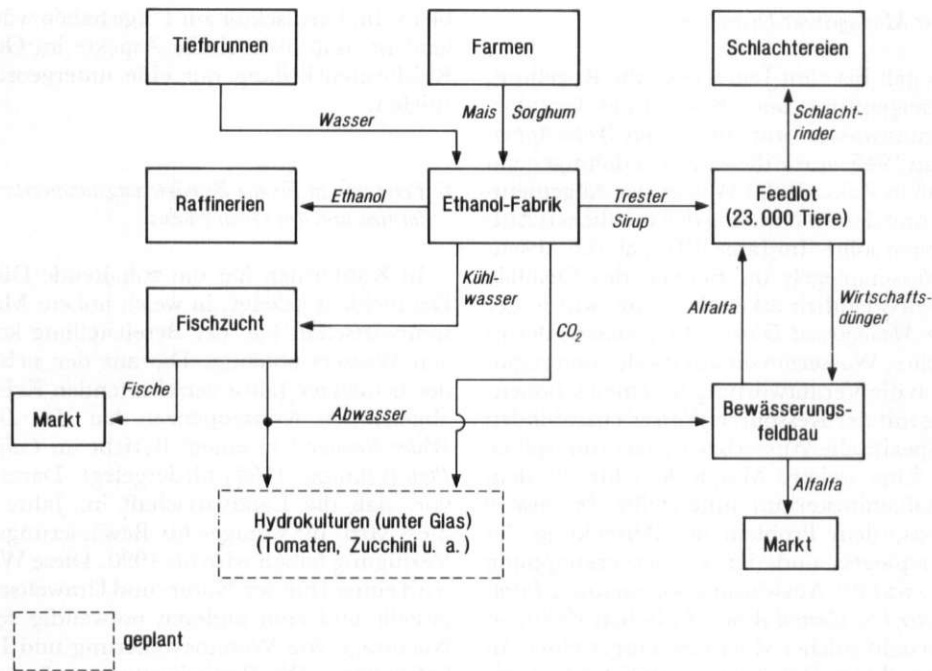


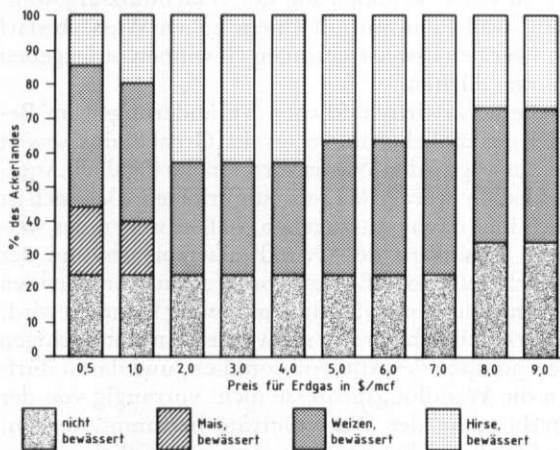
Abb. 8: Das Produktionssystem des Unternehmens Reeve Integrated Agriculture in Garden City (Kansas)  
 Quelle: eigener Entwurf nach Angaben der Unternehmensleitung  
 The production system of the Reeve Integrated Agriculture company in Garden City (Kansas)

fers zu einer Einstellung des Bewässerungsfeldbaus führen. Damit wird langfristig noch immer genug Wasser vorhanden sein für die Wohnbevölkerung, die Industrie und eine hochintensive Nutztierhaltung auf Zukauffutterbasis. Gerade in der Nutztierhaltung deuten sich hochaggregierte Nutzungssysteme an,

die eine Mehrfachnutzung des Wassers vorsehen (Abb. 8).

Eine weitere Erhöhung der Energiepreise macht folgendes Szenario wahrscheinlich (Abb. 9). Der kostenintensive Maisanbau wird zuerst aufgegeben, eine Phase mit Bewässerungsfeldbau für Hirse und

a) bei hohen Erzeugerpreisen



b) bei niedrigen Erzeugerpreisen

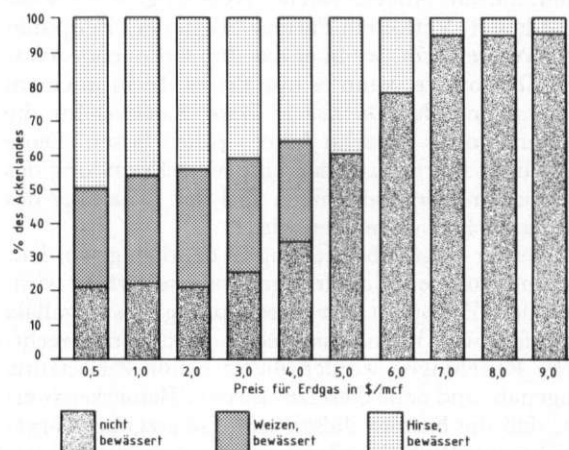


Abb. 9: Zu erwartender Wandel in der Anbaustruktur im südwestlichen Kansas in Abhängigkeit von den Erdgaspreisen  
 Quelle: BULLER a. WILLIAMS 1990  
 Expected land-use changes in southwestern Kansas in relation to natural gas prices

Weizen wird sich anschließen, weil diese Nutzpflanzen einen sehr viel geringeren Wasserbedarf haben. Mit weiter sinkendem Wasserspiegel und erhöhten Pumpkosten wird sich eine Fruchtfolge aus Weizen und Hirse anschließen, die nur noch in jedem zweiten Jahr bewässert wird. Der nächste Schritt dürfte eine unbewässerte Fruchtfolge von Weizen-Sommerbrache-Weizen sein. Letztlich werden weite Flächen wieder in Grasland zurückgeführt werden (BULLER a. WILLIAMS 1990). Wenig Chancen auf Realisierung räumt man den Vorschlägen von POPPER und POPPER (1987) ein, große Teile der Great Plains wegen der sich abzeichnenden sozioökonomischen Katastrophe in den Bereichen Landwirtschaft, Bergbau und Industrie wieder in Weidegründe für Bisons (*buffalo commons*) zurückzuführen. Die Autoren hatten vorgeschlagen, der Staat solle insgesamt 109 Counties aufkaufen, 413 000 Personen (der 6,5 Mill. in den Great Plains lebenden) umsiedeln, die Ackerflächen in Grasland zurückführen und dies dann mit Büffeln besetzen.

#### 7 Ausblick: Auswirkungen auf die räumliche Ordnung der US-amerikanischen Agrarwirtschaft

Die Auswirkungen der im Gefolge der Wasserverknappung eintretenden Veränderungen in der Agrarwirtschaft Kaliforniens sowie der südlichen und zentralen Great Plains auf die räumliche Ordnung der US-amerikanischen Agrarwirtschaft lassen sich noch nicht vollständig abschätzen, einige Trends sind jedoch bereits erkennbar.

In Kalifornien zeichnet sich eine weitreichende Veränderung der Bodennutzung an der Westseite des südlichen Längstales ab. Das Wasser wird auf solche Kulturen konzentriert werden, die pro bewässertes Ackerland die höchsten Gewinne erwarten lassen. Getreide, Alfalfa und Baumwolle werden an Bedeutung verlieren, Tomaten, Melonen und Salat an Bedeutung gewinnen. Man kann ebenfalls davon ausgehen, daß Dauerkulturen (Mandeln, Pistazien, u. a.) in Zukunft größere Flächen besetzen werden. Die Reduzierung der Anbaufläche für Baumwolle wird sich wahrscheinlich am stärksten auf die räumliche Ordnung der US-amerikanischen Landwirtschaft auswirken. Parallel zur Dürre in Kalifornien ist es zu einer Ausweitung des Baumwollanbaus östlich des Mississippi im Bereich des ehemaligen *cotton belts* gekommen. Noch ist nicht zu entscheiden, ob es sich dabei um ein kurzfristiges Verlagerungsphänomen handelt, um die auftretenden Produktionsausfälle zu kompensieren, oder um eine längerfristige Rückverlagerung.

Die Verteuerung der Grundwassergewinnung wird in den südlichen und zentralen Great Plains zu einer tiefgreifenden Veränderung der Bodennutzung führen. Auf die sich andeutenden Phasen, die von

einer anfänglichen Reduzierung des Maisanbaues bis zu einer großflächigen Rückführung in Grasland reichen, wurde bereits hingewiesen. Die sich abzeichnende Intensivierung der Nutztierhaltung wird nach dem bislang vorliegenden Kenntnisstand allerdings hiervon nicht betroffen sein, im Gegenteil, eher ist mit einer weiteren Schwerpunktbildung in der tierischen Produktion zu rechnen. Dabei wird eine Verlagerung eines nicht unbeträchtlichen Teils der Schweine- und gegebenenfalls der Milchproduktion zu Marktverlusten im *dairy belt* und ehemaligen *corn belt* führen. Welches Ausmaß diese Verlagerungen erreichen, ist z. Z. noch nicht endgültig abzuschätzen. Hier wird eine genaue Beobachtung der Entwicklung in den kommenden Jahren notwendig sein, um die ablaufenden Prozesse zu dokumentieren.

#### Literatur

- BULLER, J. a. WILLIAMS, J. (1990): Effects of Energy and Commodity Prices on Irrigation in the Kansas High Plains. Agricultural Experiment Station, Kansas State University, Report of Progress 611, Manhattan, Kansas.
- Department of Water Resources (Ed.) (1992): The 1991 Drought Water Bank. Sacramento.
- (1993): California's 1987-1992 Drought. Sacramento.
- DUGAN, J. T., MC GRATH, T. a. ZELT, R. B. (1994): Water-Level Changes in the High Plains Aquifer. - Predevelopment to 1992. U. S. Geological Survey. Water Resources Investigations Report 94-4027, Lincoln, Nebraska.
- KLOHN, W. (1994): Salat im Salz. Ökologische Probleme der Landwirtschaft im Salinas Valley. In: Geographie heute 15, Heft 119, 20-23.
- KLOHN, W. u. WINDHORST, H.-W. (1994): Bewässerungslandwirtschaft in Kalifornien unter Dürrestreß. Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft 12, Vechta.
- KROMM, D. E. a. WHITE, S. E. (1990): Conserving Water in the High Plains. Manhattan, Kansas.
- NELLIS, M. D. (1987): Land-use adjustments to aquifer depletion in western Kansas. In: COCKLIN, C., SMIT, B. a. JOHNSTON, T. (Eds.): Demands on Rural Lands. Planning for Resource Use. Boulder and London, 71-83.
- Northwest Economic Associates (1992): Economic Impacts of the 1991 California Drought on the San Joaquin Valley Agriculture and Related Industries. Vancouver, Washington.
- OPIE, J. (1993): Ogallala. Water for a Dry Land. Lincoln, Nebraska, London.
- POPPER, D. E. a. POPPER, F. J. (1987): The Great Plains: From dust to dust, a daring proposal for dealing with an inevitable disaster. In: Planning 53, No. 12, 12-18.
- United States Department of Commerce (Ed.): Census of Agriculture. Washington, D. C. (verschiedene Jahrgänge).
- WEBB, W. P. (1931): The Great Plains. Boston.
- WILBER, C. (1881): The Great Valleys and Prairies of Nebraska and the Northwest. Omaha.
- WINDHORST, H.-W. (1990): Mit dem Wasser kamen die Probleme. Sozioökonomische und geoökologische Probleme in der Agrarwirtschaft des Westlands Water Districts

in Kalifornien. In: KLOHN, W. u. WINDHORST, H.-W. (1990): Strukturen und Probleme der Intensivlandwirtschaft in Kalifornien. *Vechtaer Arbeiten zur Geographie und Regionalwissenschaft* 11, Vechta, 31-52.

WINDHORST, H.-W. u. KLOHN, W. (1995): Die Bewässerungslandwirtschaft in den Great Plains. *Vechtaer Studien zur Angewandten Geographie und Regionalwissenschaft* 14, Vechta.

## BUCHBESPRECHUNGEN

STEINBERG, CHRISTIAN; BERNHARDT, HEINZ und KLAPPER, HELMUT: *Handbuch angewandte Limnologie: Grundlagen; Gewässerbelastung; Restaurierung; aquatische Ökotoxikologie; Bewertung; Gewässerschutz*. Loseblatt-Ausgabe, ca. 400 S. Ecomed Verlagsgesellschaft, Landsberg 1995, DM 178,-/sFr 166,-/öS 1389,-

Das umfassend angelegte Handbuch gliedert sich in 12 Hauptkapitel, nämlich Allgemeines, Einführung, methodische Grundlagen (chemische, physikalische, biologische Methoden der Gewässeranalyse), Grundlagen aus der allgemeinen Limnologie, strukturelle Veränderungen und Belastungen von Gewässern, Restaurierung, Gewässernutzungen, Bewertungen, rechtliche Fragen, Informationssysteme, Forschung und Ausbildung, Wasserbehörden. Das vorliegende „Grundwerk“ bringt Einzelbeiträge zu verschiedenen Hauptkapiteln, z. B. über Phosphor in Gewässersedimenten, Belastung von Fließgewässern mit Tensiden, ökotoxikologische Bewertung von Pflanzenschutzmitteln, Biotests in Sedimenten, Ufer- und Auenstrukturen und Simuliiden-Plagen, Bewertung von Makrophyten in Fließgewässern sowie Bewertung von Aufstauungsmaßnahmen in den Tropen. Der letztgenannte Artikel liefert auf 85 Seiten eine gelungene Einführung in die tropische Seenkunde und kann als beispielhaft gelten für das Bemühen des Werkes um eingehende Information. Die noch ausstehenden Teile sollen in Ergänzungslieferungen (2-3mal jährlich) folgen.

HARTMUT BICK

BECK, NORDWIN: *Reliefentwicklung im nördlichen Rheinhessen unter besonderer Berücksichtigung der periglazialen Glacis- und Pedimentbildung*. 175 S., 116 Abb. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, Band 237. Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier 1994, DM 67,-

Die Arbeit von NORDWIN BECK behandelt in konzentrierter Weise die Reliefentwicklung des Mainzer Beckens, beginnend mit der letzten marinen Sedimentation im Oligozän bis hin zu den holozänen Bodenerosions- und Rutschungsvorgängen. Die Hauptkapitel der Arbeit behandeln die Reste alttertiärer Plateaus und ihre 4, stellenweise sogar 5 Kaltzeiten zugeordneten Decksedimente, die durch 35 Bohrungen erschlossen wurden, des weiteren die Spuren kaltzeitlicher Formung und darunter, ebenfalls auf einer umfangreichen Serie von Bohrungen basierend und relativ ausführlich dargestellt, die Entstehung der weitverbreiteten Glacis sowie abschließend die Formen und morphogenetischen Prozesse des Holozäns. Der Wert der Untersuchungen BECKS liegt in erster Linie in der - aus Sediment- und

Bodenindikatoren abgeleiteten - stratigraphischen Gliederung der pleistozänen Morphodynamik, die auch überregional fruchtbare Diskussionen, z. B. zur Abgrenzung und Datierung von Phasen kaltzeitlicher Flächenbildung, anregen wird.

KUNO PRIESNITZ

MANNSFELD, KARL und RICHTER, HANS (Hrsg.): *Naturräume in Sachsen*. 228 S., 54 Abb. und 23 Tab. *Forschungen zur deutschen Landeskunde*, Band 238. Zentralausschuß für deutsche Landeskunde, Selbstverlag, Trier 1995, DM 33,-

Dieser Band stellt nicht nur den Naturraum in den politischen Grenzen des Freistaats Sachsen vor, sondern bezieht auch in knapper Form wichtige kulturgeographische Aspekte ein. Das einleitende Kapitel vermittelt grundlegende Fakten zu Geologie, Relief, Klima, Vegetation, Boden und Landschaftsausstattung. Anschließend werden die drei Groß-Regionen Sächsisch-Niederlausitzer Heide-land, Sächsisches Lößgebirge und Sächsisches Bergland mit Mittelgebirge detailliert vorgestellt. Naturräume wie etwa die Muskauer Heide, die Westlausitzer Platte oder das Erzgebirge werden in jeweils einem Kapitel besprochen, wobei z. T. Unterkapitel die Teilgebiete oder Mesochoren näher behandeln. Dieser Aufbau gestattet es dem Leser, sowohl umfassende Informationen über den Gesamttraum zu bekommen als auch gezielt Ausführungen zu Teilräumen nachzuschlagen. Damit wird das Buch als Einführung, Vertiefung oder Nachschlagewerk benutzbar. Zahlreiche aussagekräftige Karten und Tabellen ergänzen den flüssig lesbaren Text, obwohl die Lesbarkeit und Gestaltung einiger Karten verbessert werden kann. In Abb. 13 z. B. fehlt die in der Überschrift angegebene militärische Nutzung der Muskauer Heide in der Legende; in Abb. 14 ist der zeitweise eingeführte Name Karl-Marx-Stadt erhalten geblieben. Die Relation Preis/Ausstattung ist insgesamt als gut zu bezeichnen. Obwohl landeskundliches Wissen in der geographischen Ausbildung häufig zu kurz kommt, ist es die unverzichtbare Basis für raumwissenschaftliches Arbeiten. Daher ist dem Buch eine freundliche Aufnahme durch einen großen Leserkreis und eine baldige Ergänzung durch weitere Bände zu wünschen.

THOMAS HELD

SHELLMANN, GERHARD (Hrsg.): *Beiträge zur jungpleistozänen und holozänen Talgeschichte im deutschen Mittelgebirgsraum und Alpenvorland*. III u. 146 S., zahlr. Abb. und Tab. *Düsseldorfer Geographische Schriften* 34. Selbstverlag des Geographischen Instituts der Universität, Düsseldorf 1994

## Erratum

Im Beitrag von HANS-WILHELM WINDHORST und WERNER KLOHN: „Bewässerungswirtschaft in Kalifornien und den Great Plains“ in *Erdkunde* 50 ist durch ein Versehen der Autoren eine falsche Abbildung abgedruckt worden. Wir bitten die untenstehende Abbildung gegen diejenige der Seite 253 auszutauschen.

Die Schriftleitung

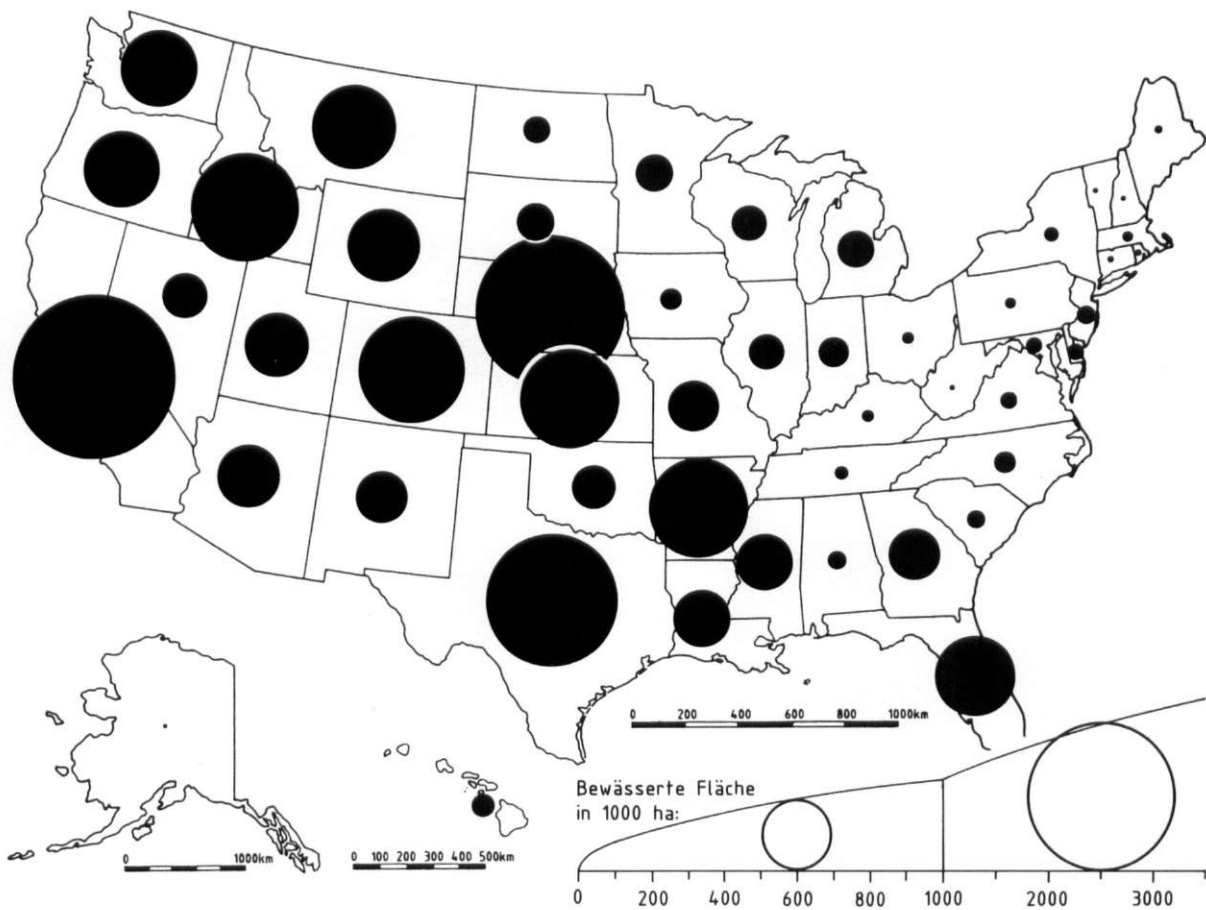


Abb. 1: Regionale Verteilung der Bewässerungsflächen in den USA im Jahre 1992  
 Quelle: United States Department of Commerce, Census of Agriculture 1992  
 Regional distribution of irrigated cropland in the United States in 1992