

Abbildung 38: Bausteine des Simulationsmodells .....	295
Abbildung 39: Strategien zur Veränderung der Ressourcennutzung .....	300
Abbildung 40: Ertrag in Abhängigkeit von der applizierten Wassermenge .....	304
Abbildung 41: Einfluß von applizierter Wassermenge und Entwicklungszustand auf den Ertrag .....	304
Abbildung 42: Einfluß der zugeführten Wasserqualität auf die Ertragshöhe .....	306
Abbildung 43: Verlauf der Kosten zur Reduzierung unerwünschter Ist-Soll- Abweichungen des Ressourcen-Nutzungs-Images .....	323
Abbildung 44: Aufbau der Excel-Arbeitsmappe mit dem Simulationsmodell .....	326
Abbildung 45: Wasserfluschema im Modellbetrieb .....	327
Abbildung 46: Wasserströme im Modellbetrieb .....	330
Abbildung 47: Ergebnis der modellhaften Imageanalyse .....	332
Abbildung 48: Wasser-Nutzungs-Matrix im Modellbetrieb (Ausgangssituation) ..	333
Abbildung 49: Wasserstrom im Modellbetrieb nach Einführung einer Trinkwasser- quote .....	336
Abbildung 50: Wasser-Nutzungs-Matrix II im Modellbetrieb .....	337
Abbildung 51: Wasserstrom im Modellbetrieb nach Ersatz der Schnitt-Chrysan- themen .....	339
Abbildung 52: Wasser-Nutzungs-Matrix III im Modellbetrieb .....	340
Abbildung 53: Wasserstrom im Modellbetrieb bei veränderter Bewässerungs- technik .....	341
Abbildung 54: Wasser-Nutzungs-Matrix bei Realisierung aller Handlungsmög- lichkeiten .....	342
Abbildung 55: Physischer Wasserfluß im Unternehmen (Stand: 1996) .....	348
Abbildung 56: Modellhafter Wasserfluß der Ist-Situation .....	366
Abbildung 57: Wassernutzungs-Image des Knoblauchslandes .....	376
Abbildung 58: Modellhafter Wasserfluß der Alternative A <sub>5</sub> .....	380

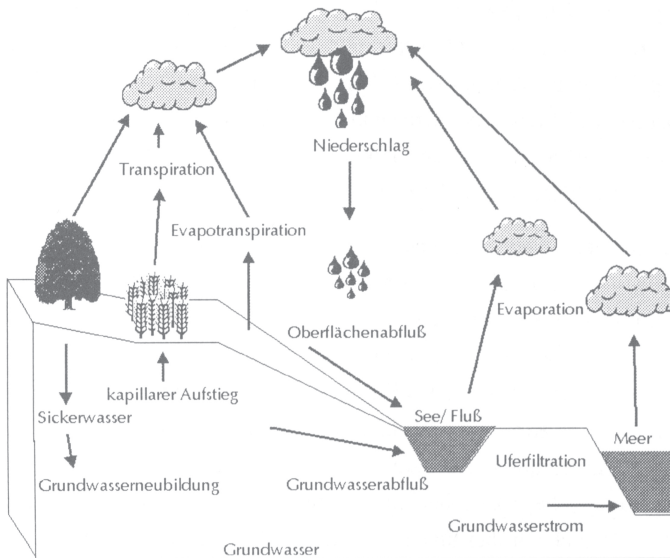
## Abkürzungsverzeichnis

AbwAG	Abwasserabgabengesetz
AFP	Autorenkürzel
ASAE	American Society of Agricultural Engineers
B.A.U.M	Bundesdeutscher Arbeitskreis für umweltbewußtes Management e.V.
BayStMLU ber.	Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen berichtigt
BGBI	Bundesgesetzblatt
BSB	Biologischer Sauerstoffbedarf
CP	Compromise Programming
d	dies (Tag)
d.G.	durch Gesetz
FAO	Food and Agriculture Organisation of the United Nations
et al.	et alies (und andere)
f.	folgende Seite
ff.	folgende Seiten
GfK	Gesellschaft für Konsumforschung, Nürnberg
GP	Goal Programming
IMCDM	Interactive Multiple Criteria Decision Making
KOM	Kommission (der Europäischen Union)
KTBL	Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft
LAWA	Länderarbeitsgruppe Wasser
LGP	Lexicographic Goal Programming
LP	Linear Programming
MADM	Multiple Attribute Decision Making
MODM	Multiple Objective Decision Making
OECD	Organisation for Economic Cooperation and Development
PflSchG	Pflanzenschutzgesetz
PLA	Produktlinienanalyse
PÖW	Projektgruppe Ökologische Wirtschaft
RNA	Ressourcen-Nutzungs-Analyse
SFB	Sonderforschungsbereich
SRU	Sachverständigenrat für Umweltfragen
TrinkWV	Trinkwasserverordnung
UBA	Umweltbundesamt
UIG	Umweltinformationsgesetz
UmweltHG	Umwelthaftungsgesetz
UVP	Umweltverträglichkeitsprüfung
WGP	Weighted Goal Programming
WHG	Wasserhaushaltsgesetz
ZVG	Zentralverband Gartenbau e.V.

## Einleitung

„Water is the quintessential multiattribute good. It supports fish and birds, humans drink it, cleanse with it, grow food with it, recreate on it, maintain landscaping with it, and generate electricity from its flow. Decisions have been made from the time of recorded history about how water should appear, when it should appear, and how it should be used.“ (Carson/ Martin 1991, S.389)

Ein wesentliches Konzept zum Verständnis der folgenden Ausführungen ist der Wasserkreislauf der Erde (siehe Abbildung 1).



Quelle: verändert nach FAO 1994, S.235

Abb. 1: Der natürliche Wasserkreislauf der Erde

Er stellt eine Verknüpfung aller Erscheinungsformen der Ressource von der Dampf-, über die flüssige bis hin zur festen Phase dar und ist unverzichtbar bei der Betrachtung der Wassernutzung zur Erzeugung von Pflanzen.

Grundbestandteile des Wasserkreislaufs sind Niederschläge, Evaporation, Transpiration, Infiltration, Tiefenversickerung (Perkolation), Oberflächenabfluß und Lagerung. Niederschläge bringen Wasser in flüssiger (Regen, Tau) oder fester Form (Schnee, Rauheif, Hagel) aus der Atmosphäre auf die Erdoberfläche. In der Regel durch Evaporationsprozesse wird Wasser dann von der flüssigen in seine gasförmige Form überführt. Es verdunstet dabei aus den Weltmeeren, aus Seen, Flüssen, von der Erdoberfläche oder anderen Oberflächen. Transpiration bezeichnet den Prozeß, bei dem Wasser vom Wurzelsystem der Pflanzen aufgenommen wird, den Pflanzenkörper passiert und dann in die Atmosphäre abgegeben wird. Aufgesaugt oder absorbiert wird Wasser von den oberen Bodenschichten durch den Prozeß der Infiltration. Tiefenversickerung nennt man die weiter abwärts gerichtete Wasserbewegung durch den Boden oder durchlässige Gesteinsschichten bis zum Grundwasserleiter. Oberflächenabfluß entsteht dagegen als Differenz zwischen Niederschlägen oder Bewässerung (Input) und dem Output durch Evapotranspiration und Versickerung dar. Er ist die schwerkraftgeleitete Bewegung von Überschußmengen in Oberflächenkanälen. An verschiedenen Stellen des Kreislaufs wird Wasser gespeichert, zum Beispiel in den Ozeanen, Seen, Flüssen, Staubecken, Grundwasser-Aquiferen, der Atmosphäre, in Pflanzenzellen, Wolken oder auch im Boden.

Wegen der ungeheuren Wassermengen, die von lebenden Pflanzen aufgenommen, weitergeleitet und wieder abgegeben werden, sind Pflanzen eine wesentliche Komponente in diesem Wasserkreislauf. Sterben sie ab, kehrt das in ihnen enthaltene Wasser über Verdunstung in den Kreislauf zurück. Werden landwirtschaftliche oder gärtnerische Kulturen geerntet, kehrt das enthaltene Wasser ebenfalls in den Kreislauf zurück; diesmal entweder durch Dehydrierung/ Evaporation, Verarbeitungs- oder Verzehrsmüll. Eine ausführlichere, sehr detaillierte und auf die Pflanzenerzeugung bezogene Beschreibung des Wasserkreislaufs findet sich darüber hinaus zum Beispiel bei Cervinka (1989, S.144ff.).

Von allen natürlichen Ressourcen, die für die menschliche Gesundheit und Zivilisation notwendig sind, ist Wasser eine der wichtigsten. Dabei ist die Bundesrepublik Deutschland ein sehr wasserreiches Land (vgl. Winje et al. 1991, S. 5; FAO 1994, S.237ff.). Auf ihre Fläche fallen jährlich ca. 837 mm Niederschlagswasser, wovon etwa 511 mm verdunsten und ca. 326 mm als Grund- und Oberflächenwasser abfließen (Keller 1979, S.289). Weitere Wassermengen fließen der Bundesrepublik aus den Nachbarländern zu. Die Wasserförderung

(Trinkwasserqualität) nimmt sich dagegen mit ca. 3 % der insgesamt abfließenden Wassermenge (Winje et. al. 1991, S.5) sehr bescheiden aus. Deutschland kann also als vergleichsweise wasserreiche Nation angesehen werden (eine Wasserbilanz für den Freistaat Bayern findet sich bei BayStMLU 1994, S.7).

Trotzdem nehmen Konflikte über die natürliche Ressource Wasser zu (siehe auch später Kapitel B. I. 2.). Eine ausreichende Verfügbarkeit wird als selbstverständlich hingenommen, solange Wasser im Überschuß vorhanden ist. Es wird jedoch zunehmend zum Gegenstand von Kontroversen, da sich herausstellt, daß die Versorgung den Ansprüchen in vielen Regionen des Landes nicht mehr gerecht werden kann (vgl. z.B. Bergmann/ Kortenkamp 1988 oder auch Pethig 1988). Wachstum von Bevölkerung und Industrie, die in steigendem Wasserbedarf resultieren, sind eine Seite des Problems. Eine andere Seite ist eine tatsächliche physische Knappheit der Ressource in manchen Regionen wie z.B. dem Hessischen Ried (vgl. Wolff 1993, S.11). Auf den ersten Blick scheinen die Bedingungen einer ökonomischen Knappheit in Deutschland nicht vorzuliegen: es gibt genug Wasser, um die Ansprüche der Gesellschaft zu befriedigen, Anreize für eine sparsame und schonende Verwendung der Ressource oder für eine effiziente Verteilung zwischen konkurrierenden Nutzern fehlen jedoch weitgehend.

Die gegenwärtigen Konflikte um Wasser sind vielfältig. Sie umfassen konkurrierende Verwendungszwecke, konkurrierende geografische Regionen, die unterschiedlich vom Wasser begünstigt sind, sowie Konflikte zwischen der Wasserwirtschaft und anderen natürlichen Ressourcen, welche durch deren Weiterentwicklung verloren gehen. Es ist offensichtlich, daß Wasser von hervorragender Qualität nicht länger allen, die es nutzen wollen im Überschuß zur freien Verfügung stehen kann. Das schwierige Problem einer Wasserverteilung unter dem neuen Paradigma einer ökonomischen Knappheit gewinnt als politisches und gesellschaftliches Problem der kommenden Jahre an großer Bedeutung.

Unter natürlichen Ressourcen versteht Siebert (1983, S.2) die „von der Natur bereitgestellten Güter zur direkten und indirekten Erfüllung menschlicher Wünsche“. Diese Definition hebt zum einen die Nützlichkeit als wesentliches Merkmal hervor (Erfüllung von Wünschen), zum anderen betont sie die Rolle als Konsumgüter (direkt) und auch als Produktionsfaktoren. Berg (1993, S.4) nennt