

*Aus dem Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre  
Universität Hohenheim*

Fachgebiet: Produktionstheorie und Ressourcenökonomik im  
Agrarbereich

Prof. Dr. Stephan Dabbert

*Ein Nichtlineares Prozessanalytisches Agrarsektormodell für das  
Einzugsgebiet der Oberen Donau*

*Ein Beitrag zum Decision-Support-System Glowa-Danubia*

Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors  
der Agrarwissenschaften  
der Fakultät Agrarwissenschaften

von

Thomas Winter  
aus Neuenstadt a. K.

2005

Die vorliegende Arbeit wurde am 1. Februar 2005 von der Fakultät Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim als „Dissertation zur Erlangung des Grades eines Doktors der Agrarwissenschaften (Dr. sc. agr.)“ angenommen.

Tag der mündlichen Prüfung: 10. Mai 2005

Prodekan: Prof. Dr. Karl Stahr

Berichterstatter, 1. Prüfer: Prof. Dr. Stephan Dabbert

Mitberichterstatter, 2. Prüfer: Prof. Dr. Werner Doppler

Weiterer Prüfer: Prof. Dr. Werner Grosskopf

Dissertation der Universität Hohenheim (D 100)

## **Danksagung**

Herrn Prof. Dr. Stephan Dabbert danke ich herzlich für die Förderung dieser Arbeit und die wertvollen Anregungen.

Allen Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Institutes für Landwirtschaftliche Betriebslehre der Universität Hohenheim danke ich für die gute Zusammenarbeit und das angenehme Arbeitsklima. Für die ständige Diskussionsbereitschaft und Unterstützung bei der Datenerhebung bin ich den Institutskollegen aus dem GLOWA-Projekt Frau PD Dr. Sylvia Herrmann, Frau Dr. Tatjana Krimly und Herrn Hartmut Schuster dankbar. Herrn Dr. Fritz Aldinger und Herrn Martin Henseler danke ich für die Korrekturlesung des Manuskripts.

Bei meiner Lebensgefährtin Barbara Müller möchte ich mich für Ihr Verständnis und Ihre Unterstützung bei der Fertigstellung der Arbeit besonderes bedanken. Ein herzliches Dankeschön möchte ich meinen Eltern aussprechen, deren Unterstützung erst die Voraussetzung für diese Dissertation schuf.

Hohenheim, Mai 2005

Thomas Winter



**INHALTSVERZEICHNIS**

|   |             |
|---|-------------|
| <b>TABELLENVERZEICHNIS .....</b>  | <b>V</b>    |
| <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS.....</b>   | <b>VII</b>  |
| <b>KARTENVERZEICHNIS .....</b>  | <b>VIII</b> |
| <b>TABELLENVERZEICHNIS IM ANHANG .....</b>  | <b>IX</b>   |
| <b>VERZEICHNIS DER ABKÜRZUNGEN FÜR DIE LANDKREISE .....</b>                         | <b>X</b>    |
| <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS .....</b>  | <b>XI</b>   |
| <b>1 EINLEITUNG .....</b>   | <b>1</b>    |
| 1.1 PROBLEMSTELLUNG UND ZIELSETZUNG.....  | 1           |
| 1.2 VORGEHENSWEISE .....  | 3           |
| <b>2 LANDWIRTSCHAFT UND WASSER .....</b>  | <b>5</b>    |
| 2.1 EINFLUSS DER LANDWIRTSCHAFT AUF WASSERQUANTITÄT UND -QUALITÄT .....             | 5           |
| 2.1.1 <i>Einfluss der Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt .....</i>    | <i>5</i>    |
| 2.1.1.1 Quantitative Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes.....             | 5           |
| 2.1.1.2 Qualitative Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes.....              | 7           |
| 2.1.2 <i>Landwirtschaft und das öffentliche Wassersystem.....</i>                   | <i>11</i>   |
| 2.1.2.1 Wasserbedarf in der Landwirtschaft .....                                    | 11          |
| 2.1.2.2 Abwässer der Landwirtschaft .....   | 12          |
| 2.1.3 <i>Nutzungskonflikte .....</i>  | <i>13</i>   |
| 2.2 UMWELTPOLITISCHE MAßNAHMEN IN DER AGRARPOLITIK ZUM SCHUTZ DER<br>GEWÄSSER.....  | 15          |
| 2.2.1 <i>Grundzüge der Umweltpolitik.....</i>                                       | <i>15</i>   |
| 2.2.1.1 Notwendigkeit von Umweltpolitik .....                                       | 15          |
| 2.2.1.2 Instrumente der Umweltpolitik .....   | 16          |
| 2.2.2 <i>Einsatz von umweltpolitischen Instrumenten für den Gewässerschutz.....</i> | <i>17</i>   |
| 2.2.2.1 Überblick über Rechtsgrundlagen des Gewässerschutzes .....                  | 17          |
| 2.2.2.2 Wichtige Gesetze zum Schutz des Wassers.....                                | 18          |
| 2.2.2.3 Die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft.....                        | 22          |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 2.2.3    | <i>Agrarpolitische Rahmenbedingungen</i> .....                                  | 25        |
| 2.2.3.1  | Europäische Agrarpolitik - Agenda 2000 .....                                    | 25        |
| 2.2.3.2  | Agrarumweltprogramme.....   | 27        |
| <b>3</b> | <b>DATENGRUNDLAGE UND KONZEPTION DES</b>  |           |
|          | <b>AGRARSEKTORMODELLS</b> .....   | <b>34</b> |
| 3.1      | BESCHREIBUNG DER DATENGRUNDLAGE.....  | 34        |
| 3.2      | BESCHREIBUNG DES PROJEKTGEBIETES .....  | 36        |
| 3.2.1    | <i>Lage des Untersuchungsgebietes</i> .....                                     | 36        |
| 3.2.1.1  | Klimatische und natürliche Standortbedingungen.....                             | 36        |
| 3.2.1.2  | Wasser als Wirtschaftsfaktor im Donauraum .....                                 | 38        |
| 3.2.2    | <i>Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet</i> .....                              | 40        |
| 3.2.2.1  | Sozioökonomische Strukturdaten der Landwirtschaft.....                          | 40        |
| 3.2.2.2  | Landnutzung und Tierhaltung im Untersuchungsgebiet.....                         | 41        |
| 3.3      | KONZEPTION EINES RÄUMLICH DIFFERENZIIERTEN ÖKONOMISCHEN                         |           |
|          | AGRARSEKTORMODELLS .....  | 45        |
| 3.3.1    | <i>Methodische Aspekte der ökonomischen Agrarsektormodellierung</i> .....       | 45        |
| 3.3.1.1  | Ziele des Agrarsektormodells .....  | 45        |
| 3.3.1.2  | Abstraktions- und Differenzierungsgrad des Modells .....                        | 49        |
| 3.3.1.3  | Einordnung des Modells in die Systematik ökonomischer Modelle .....             | 58        |
| 3.3.2    | <i>Positive Quadratische Programmierung</i> .....                               | 61        |
| 3.3.2.1  | Positive Quadratische Programmierung nach Howitt.....                           | 62        |
| 3.3.2.2  | Vergleichende Bewertung der methodischen Ansätze .....                          | 67        |
| 3.3.3    | <i>Weiterentwicklungen der Positiven Quadratischen Programmierung</i> .....     | 70        |
| 3.3.3.1  | Kombination des ertrags- und kostenseitigen Ansatzes nach Howitt.....           | 70        |
| 3.3.3.2  | Kalibrierung von Produktionsverfahren mit unterschiedlichen                     |           |
|          | Intensitäten.....   | 72        |
| 3.3.3.3  | Ökonometrisch basierte Spezifikationen von                                      |           |
|          | Programmierungsmodellen.....  | 77        |
| 3.3.3.4  | Bewertung der weiterentwickelten Formen.....                                    | 78        |
| 3.3.4    | <i>Zusammenfassende Darstellung des agrarökonomischen Modellkonzeptes</i> ..... | 79        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| <b>4</b> | <b>BESCHREIBUNG DES RÄUMLICH DIFFERENZIERTEN<br/>PROZESSANALYTISCHEN AGRARSEKTORMODELLS.....</b> | <b>81</b>  |
| 4.1      | BESCHREIBUNG DER PRODUKTIONSVERFAHREN .....  | 81         |
| 4.1.1    | <i>Produktionsverfahren im Ackerbau .....</i>  | <i>81</i>  |
| 4.1.1.1  | Anbauspektrum und Ertrag der Kulturen.....   | 81         |
| 4.1.1.2  | Maschineneinsatz .....   | 89         |
| 4.1.1.3  | Pflanzenschutz und Düngung .....   | 90         |
| 4.1.2    | <i>Produktionsverfahren in der Tierhaltung .....</i>   | <i>93</i>  |
| 4.1.2.1  | Umfang und Leistung in der Tierhaltung.....  | 93         |
| 4.1.2.2  | Futterbergung und Fütterung .....  | 96         |
| 4.1.3    | <i>Verkaufs- und Zukaufsaktivitäten.....</i>   | <i>96</i>  |
| 4.1.3.1  | Agrarpolitische Rahmenbedingungen im Basisjahr 1995.....   | 96         |
| 4.1.3.2  | Agrarumweltprogramme .....   | 99         |
| 4.2      | PROZESSANALYTISCHE VERKNÜPFUNG DER LANDWIRTSCHAFTLICHEN<br>PRODUKTIONSVERFAHREN.....             | 100        |
| 4.2.1    | <i>Prozessanalytische Matrix des linearen Planungsmodells.....</i>                               | <i>100</i> |
| 4.2.2    | <i>Kalibrierung des nichtlinearen Modells .....</i>  | <i>108</i> |
| 4.2.3    | <i>Prozessanalytischer Ansatz des nichtlinearen Modells .....</i>                                | <i>113</i> |
| 4.2.4    | <i>Fortschreibung exogener Variablen .....</i>   | <i>118</i> |
| <b>5</b> | <b>ANALYSE DER MODELLERGEBNISSE.....</b>   | <b>121</b> |
| 5.1      | BESCHREIBUNG DES STATUS-QUO IN DEN MODELLREGIONEN .....  | 121        |
| 5.1.1    | <i>Ökonomische Modellergebnisse .....</i>  | <i>121</i> |
| 5.1.2    | <i>Ökologische Modellergebnisse .....</i>  | <i>128</i> |
| 5.2      | ÜBERPRÜFUNG DES GEWÄHLTEN PQP-ANSATZES .....   | 133        |
| 5.2.1    | <i>Ex-Post-Analyse.....</i>  | <i>133</i> |
| 5.2.1.1  | Modifizierte Annahmen .....  | 133        |
| 5.2.1.2  | Methodik zur Beurteilung der Prognosegüte .....  | 134        |
| 5.2.1.3  | Vergleich der Prognosequalität der beiden Howitt-Ansätze.....                                    | 137        |
| 5.2.1.4  | Bewertung der Prognoseergebnisse und Schlussfolgerungen für die<br>Kalibrierungsmethode.....     | 144        |
| 5.2.2    | <i>Sensitivitätsanalyse.....</i>   | <i>145</i> |
| 5.2.2.1  | Variation des Weizenpreises.....   | 146        |
| 5.2.2.2  | Begrenzung der Wasserversorgung .....  | 148        |

|  |            |
|--|------------|
| 5.3 ALTERNATIVE POLITIKSZENARIEN – SZENARIO DER<br>VERORDNUNGSVORSCHLÄGE DER GAP-REFORM.....         | 149        |
| 5.3.1 Szenariendefinition .....  | 149        |
| 5.3.1.1 Vorbemerkungen zu den vorgestellten Szenarien .....  | 149        |
| 5.3.1.2 Eckpunkte der Verordnungsvorschläge der Europäischen Kommission..                            | 150        |
| 5.3.2 Szenario 1: Agenda 2005.....   | 152        |
| 5.3.2.1 Beschreibung des Szenarios .....   | 152        |
| 5.3.2.2 Ökonomische Ergebnisse.....  | 152        |
| 5.3.2.3 Auswirkungen auf die Landnutzung.....  | 153        |
| 5.3.2.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung .....   | 155        |
| 5.3.3 Szenario 2: Entkopplung 2005.....  | 155        |
| 5.3.3.1 Beschreibung des Szenarios .....   | 155        |
| 5.3.3.2 Ökonomische Ergebnisse.....  | 157        |
| 5.3.3.3 Auswirkungen auf die Landnutzung.....  | 158        |
| 5.3.3.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung .....   | 160        |
| 5.3.4 Szenario 3: Entkopplung 2010.....  | 161        |
| 5.3.4.1 Beschreibung des Szenarios .....   | 161        |
| 5.3.4.2 Ökonomische Ergebnisse.....  | 164        |
| 5.3.4.3 Auswirkungen auf die Landnutzung.....  | 167        |
| 5.3.4.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung .....   | 171        |
| 5.3.4.5 Ökologische Auswirkungen.....  | 173        |
| <b>6 DISKUSSION UND SCHLUSSFOLGERUNGEN .....</b>   | <b>176</b> |
| 6.1 MODELLKONZEPT .....  | 176        |
| 6.2 VERGLEICH DER SZENARIENERGEBNISSE.....   | 178        |
| 6.2.1 Vergleichende Bewertung der berechneten Szenarienergebnisse .....                              | 178        |
| 6.2.2 Vergleich der berechneten Szenarioergebnissen mit Berechnungen anderer<br>Arbeitsgruppen ..... | 181        |
| <b>7 ZUSAMMENFASSUNG .....</b>   | <b>183</b> |
| <b>8 SUMMARY .....</b>   | <b>187</b> |
| <b>LITERATURVERZEICHNIS .....</b>  | <b>189</b> |
| <b>ANHANG .....</b>  | <b>205</b> |

## Tabellenverzeichnis

|             |  |     |
|-------------|--|-----|
| Tabelle 1:  | Transpirationskoeffizienten und Transpiration landwirtschaftlicher Kulturpflanzen .....                                    | 6   |
| Tabelle 2:  | Richtwerte zum Tränkwasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere .....  | 11  |
| Tabelle 3:  | Rechtsgrundlagen des Gewässerschutzes .....  | 18  |
| Tabelle 4:  | Gebietskategorien von Wasserschutzgebieten nach der SchALVO .....  | 20  |
| Tabelle 5:  | Ausgleichssätze für Landwirte bei 20 %iger Stickstoffreduzierung auf Ackerflächen .....                                    | 21  |
| Tabelle 6:  | MEKA-Maßnahmen in Baden-Württemberg mit positiver Wirkung auf den Gewässerschutz .....                                     | 28  |
| Tabelle 7:  | Akzeptanz von Gewässerschutzmaßnahmen, die im MEKA gefördert werden .....  | 30  |
| Tabelle 8:  | Gewässerschonende Landbewirtschaftungsmaßnahmen, die in Bayern nach dem KULAP (Teil A) im Jahr 1999 gefördert wurden ..... | 32  |
| Tabelle 9:  | Datenerhebungsbehörden, Veröffentlichungen und deren Informationen...  | 35  |
| Tabelle 10: | Wassernachfrage aus dem Donauegebiet .....   | 39  |
| Tabelle 11: | Gefördertes Oberflächenwasser vom Donauflussystem in Deutschland ...   | 39  |
| Tabelle 12: | Vergleich der landwirtschaftlichen Strukturdaten des Projektgebietes und von Deutschland .....                             | 41  |
| Tabelle 13: | Vergleich der ertrags- und kostenseitigen Kalibrierungsmethode nach Howitt .....   | 67  |
| Tabelle 14: | Relative Erträge wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen bei unterschiedlichen Intensitäten .....                          | 87  |
| Tabelle 15: | Kosten der Pflanzenschutzmittel in Abhängigkeit des Produktionsverfahrens .....  | 91  |
| Tabelle 16: | Parameter für die Nährstoffbedarfsermittlung in der Pflanzenproduktion ..  | 92  |
| Tabelle 17: | Nährstoffanfall landwirtschaftlicher Nutztiere je Stallplatz und Jahr .....  | 93  |
| Tabelle 18: | Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Jahr 1995 .....                                 | 97  |
| Tabelle 19: | Erzeugerpreise und Prämien für tierische Produktionsverfahren im Jahr 1995 .....   | 98  |
| Tabelle 20: | Ertragssteigerungen landwirtschaftlicher Kulturen in Bayern .....  | 119 |
| Tabelle 21: | Deckungsbeitrag und Prämien pro Arbeitskraft im Referenzjahr 1995 .....  | 126 |

|             |   |     |
|-------------|---|-----|
| Tabelle 22: | Stickstoffbedarf für die Pflanzenproduktion und Anfall von Wirtschaftsdünger im Referenzjahre 1995 .....                    | 131 |
| Tabelle 23: | Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Jahr 1999 .....                                  | 134 |
| Tabelle 24: | Prozentuale Änderungsraten bei den Intensitäten des Weizenanbaus .....  | 148 |
| Tabelle 25: | Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Szenario 1: Agenda 2005 .....                    | 152 |
| Tabelle 26: | Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Szenario 3: Entkopplung 2010 .....               | 163 |
| Tabelle 27: | Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger und Stickstoffbedarf für die Pflanzenproduktion im Szenario 3 Entkopplung 2010 ..... | 174 |
| Tabelle 28: | Produktionsmengenwirkung der Entkopplung und Prämiensenkung .....   | 180 |

## Abbildungsverzeichnis

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| Abbildung 1:  | Vergleich der durchschnittlichen jährlichen Stickstoff- und Phosphateinträge in deutsche Gewässer in den Jahren 1983-1987 und 1993-1997 ..... | 9   |
| Abbildung 2:  | Übersicht über das Decision-Support-System Glowa Danubia.....   | 47  |
| Abbildung 3:  | Das Konzept des agrarökonomischen Gesamtmodells.....  | 56  |
| Abbildung 4:  | Eingangs- und Ergebnisgrößen des prozessanalytischen ökonomischen Moduls .....  | 80  |
| Abbildung 5:  | Variation der Durchschnittserträge von landwirtschaftlichen Kulturen auf Landkreisebene im Einzugsgebiet der Oberen Donau .....               | 82  |
| Abbildung 6:  | Vergleich der Expertennennungen mit den Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen in den Gemeinden .....  | 83  |
| Abbildung 7:  | Wahrscheinlichkeit der anzutreffenden Intensität der Landbewirtschaftung in Abhängigkeit von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl .....    | 85  |
| Abbildung 8:  | Wichtige Nebenbedingungen des linearen Modells .....  | 105 |
| Abbildung 9:  | Wichtige Nebenbedingungen des nichtlinearen Modells .....   | 116 |
| Abbildung 10: | Prozentualer Prognosefehler (pPf) der Kulturen des Projektgebietes .....  | 138 |
| Abbildung 11: | Geometrischer absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) für die Landnutzung in den einzelnen Landkreisen .....                            | 141 |
| Abbildung 12: | Durchschnittlicher geometrisch gewichteter absoluter prozentualer Prognosefehler (GgapPf) der Kulturen.....                                   | 143 |
| Abbildung 13: | Änderungen des Weizenanbaus bei Preissenkungen bzw. -steigerungen.....  | 146 |
| Abbildung 14: | Vergleich der Anteile der extensiven Getreideproduktionsfläche in der Basissituation mit dem Ergebnis des Szenarios 3 .....                   | 170 |

Kartenverzeichnis

|           |   |     |
|-----------|---|-----|
| Karte 1:  | Einzugsgebiet der Oberen Donau.....   | 37  |
| Karte 2:  | Besatzdichte von Milchkühen je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche.....  | 43  |
| Karte 3:  | Grünlandflächenanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den<br>Landkreisen des Untersuchungsgebietes.....                       | 44  |
| Karte 4:  | Einzugsgebietsgrenzen des Projektgebietes und die Kreisgrenzen der<br>Landkreise.....   | 57  |
| Karte 5:  | Anteil der abgeleiteten intensiven Weizenanbaufläche an der gesamten<br>Weizenfläche in den Landkreisen.....                            | 86  |
| Karte 6:  | Deckungsbeitrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche in den<br>Regionshöfen im Referenzjahr 1995.....                             | 122 |
| Karte 7:  | Prämienzahlungen an die Regionshöfe pro Hektar landwirtschaftlicher<br>Nutzfläche im Referenzjahr 1995.....                             | 124 |
| Karte 8:  | Wassernachfrage aus dem öffentlichen Leitungssystem (ohne Bewässerung)<br>im Referenzjahr 1995.....                                     | 129 |
| Karte 9:  | Prozentualer Anteil der Flächenstilllegung an der Ackerfläche in den<br>Regionshöfen im Szenario 1: Agenda 2005.....                    | 154 |
| Karte 10: | Durchschnittliche Prämienhöhe je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche<br>unter den Bedingungen der Agenda 2000 für das Jahr 2001..... | 156 |
| Karte 11: | Differenz des Gesamtdeckungsbeitrages im Szenario 2 gegenüber dem<br>Szenario 1.....  | 158 |
| Karte 12: | Prozentualer Anteil der Brache an der Ackerfläche in Szenario 2.....  | 159 |
| Karte 13: | Prozentuale Reduktion der Rindermasthaltung im Untersuchungsgebiet im<br>Szenario 2 gegenüber dem Referenzjahr 1995.....                | 161 |
| Karte 14: | Prozentuale Abnahme des Gesamtdeckungsbeitrages in Szenario 3<br>gegenüber der Basissituation 1995.....                                 | 165 |
| Karte 15: | Prozentualer Anteil der Prämienzahlungen am Gesamtdeckungsbeitrag im<br>Szenario 3.....   | 166 |
| Karte 16: | Prozentualer Anteil der Brache an der Ackerfläche im Szenario 3.....  | 168 |
| Karte 17: | Prozentuale Abnahme der Mastrinderhaltung in den Landkreisen im<br>Szenario 3 gegenüber dem Referenzjahr 1995.....                      | 172 |

## Tabellenverzeichnis im Anhang

|                 |  |     |
|-----------------|--|-----|
| Tabelle A.I:    | Umfang wichtiger Tierproduktionsverfahren in den Landkreisen des Untersuchungsgebiete im Jahr 1995.....                      | 205 |
| Tabelle A.II:   | Landnutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes (ha) im Jahr 1995 .....         | 207 |
| Tabelle A.III:  | Anteil der Intensität in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Vergleichszahl .....                                      | 209 |
| Tabelle A.IV:   | Ergebnisse der Intensitätseinstufung des Probit-Modelles auf Landkreisebene: Anteil der extensiven Produktionsverfahren..... | 210 |
| Tabelle A.V:    | Ergebnisse der Berechnungen des Referenzjahres 1995 .....  | 214 |
| Tabelle A.VI:   | Prozentualer Prognosefehler (pPf) der Kulturen des Projektgebietes .....   | 216 |
| Tabelle A.VII:  | Geometrischer absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) für die Landnutzung in den einzelnen Landkreisen .....           | 217 |
| Tabelle A.VIII: | Durchschnittlicher geometrisch gewichteter absoluter prozentualer Prognosefehler (GgapPf) der Kulturen.....                  | 218 |
| Tabelle A.IX:   | Anteil der Weizenanbaufläche bei unterschiedlichen Preisen.....  | 219 |
| Tabelle A.X:    | Zusammenstellung wichtiger Szenarienergebnisse .....   | 221 |
| Tabelle A.XI:   | Wichtige Ergebnisse für das Szenario 1: Fortsetzung der Agenda 2005  | 222 |
| Tabelle A.XII:  | Höhe der entkoppelten EU-Prämie für die Szenarien 2 und 3 .....  | 224 |
| Tabelle A.XIII: | Wichtige Ergebnisse für das Szenario 2: Entkopplung 2005 .....   | 225 |
| Tabelle A.XIV:  | Wichtige Ergebnisse für das Szenario 3: Entkopplung 2010 .....   | 227 |

Verzeichnis der Abkürzungen für die Landkreise

|     |                        |     |                          |
|-----|------------------------|-----|--------------------------|
| A   | Augsburg               | MN  | Unterallgäu              |
| AA  | Ostalbkreis            | MU  | Mühldorf                 |
| AIC | Aichach-Friedberg      | ND  | Neuburg-Schrobenhausen   |
| AN  | Ansbach                | NEW | Neustadt an der Waldnaab |
| AO  | Altötting              | NM  | Neumarkt                 |
| AS  | Amberg-Sulzbach        | NU  | Neu-Ulm                  |
| BC  | Biberach               | OA  | Oberallgäu               |
| BGL | Berchtesgadener Land   | OAL | Ostallgäu                |
| BL  | Zollernalbkreis        | PA  | Passau                   |
| CHA | Cham                   | PAF | Pfaffenhofen             |
| DAH | Dachau                 | PAN | Rottal-Inn               |
| DEG | Deggendorf             | R   | Regensburg               |
| DGF | Dingolfing-Landau      | REG | Regen                    |
| DLG | Dillingen              | RO  | Rosenheim                |
| DON | Donau-Ries             | RT  | Reutlingen               |
| EBE | Ebersberg              | RV  | Ravensburg               |
| ED  | Erding                 | SAD | Schwandorf               |
| EI  | Eichstätt              | SIG | Sigmaringen              |
| FFB | Fürstenfeldbruck       | SR  | Straubing-Bogen          |
| FRG | Freyung-Grafenau       | STA | Starnberg                |
| FS  | Freising               | TIL | Bad Tölz-Wolfratshausen  |
| GAP | Garmisch-Partenkirchen | TIR | Tirschenreuth            |
| GZ  | Günzburg               | TS  | Traunstein               |
| HDH | Heidenheim             | TUT | Tuttlingen               |
| KEH | Kelheim                | UL  | Alb-Donau-Kreis          |
| LA  | Landshut               | VS  | Schwarzwald-Baar-Kreis   |
| LL  | Landsberg              | WM  | Weilheim-Schongau        |
| M   | München                | WUG | Weißenburg-Gunzenhausen  |
| MB  | Miesbach               |     |                          |

Abkürzungsverzeichnis

|        |  |
|--------|--|
| a      | Jahr   |
| Abs.   | Absatz   |
| AK     | Arbeitskraft   |
| Akh    | Arbeitskraftstunden  |
| BML    | Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten  |
| BSTMLF | Bayerisches Staatsministerium für Landwirtschaft und Forsten |
| BW     | Baden-Württemberg  |
| bzw.   | beziehungsweise  |
| ca.    | circa  |
| CAPRI  | Common Agricultural Policy Regional Impact Analysis          |
| CCM    | Corn-Cob-Mix   |
| chem.  | chemisch   |
| DB     | Deckungsbeitrag  |
| DM     | Deutsche Mark  |
| d      | Tag  |
| DB     | Deckungsbeitrag  |
| d.h.   | das heißt  |
| dt     | Dezitonne  |
| DVO    | Düngeverordnung  |
| €      | Euro   |
| EPIC   | Erosion Productivity Input Calculator                        |
| etc.   | et cetera  |
| EU     | Europäische Union  |
| FAL    | Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft                   |
| Fsl.   | Flächenstilllegung   |
| GAMS   | General Algebraic Modeling System                            |
| GAP    | Gemeinsame Agrarpolitik                                      |
| GAPSi  | Modell zur Simulation der Gemeinsamen Agrarpolitik           |
| GDB    | Gesamtdeckungsbeitrag  |
| Glowa  | Globaler Wasserkreislauf                                     |
| GV     | Großvieheinheiten  |
| h      | Stunde   |

|         |  |
|---------|--|
| ha      | Hektar   |
| Hrsg.   | Herausgeber  |
| Hydrol. | Hydrologie   |
| inkl.   | inklusive  |
| KULAP   | Bayerisches Kulturlandschaftsprogramm                              |
| l       | Liter  |
| LAB     | Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau           |
| LBA     | Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur  |
| LAI     | Leaf area Index  |
| LVZ     | Landwirtschaftliche Vergleichszahl                                 |
| K       | Kalium   |
| kg      | Kilogramm  |
| km      | Kilometer  |
| m       | Meter  |
| mm      | Millimeter   |
| mon     | Monat  |
| ü.NN    | über Normalnull  |
| MAPF    | mittlerer absoluter prozentualer Fehler                            |
| MEKA    | Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsprogramm                    |
| Mio.    | Million(en)  |
| MLR     | Ministerium für Ernährung und Ländlichen Raum Baden-Württemberg    |
| MODAM   | Multi Objective Decision support tool for Agroecosystem Management |
| RAUMIS  | Regionalisiertes Agrar- und Umweltinformationssystem               |
| N       | Stickstoff   |
| NUTS    | Nomenclature of territorial units                                  |
| mg      | Milligramm   |
| mm      | Millimeter   |
| P       | Phosphor   |
| S.      | Seite  |
| synth.  | synthetisch  |
| t       | Tonne  |
| TM      | Trockenmasse   |
| µg      | Mikrogramm   |
| SchALVO | Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung                           |

---

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| SRU  | Sachverständigenrat für Umweltfragen |
| vgl. | vergleiche                           |
| WaWi | Wasserwirtschaft                     |
| u.a. | unter anderem                        |
| z.B. | zum Beispiel                         |
| z.T. | zum Teil                             |
| §(§) | Paragraph(en)                        |
| %    | Prozent                              |



# 1 Einleitung

## 1.1 Problemstellung und Zielsetzung

Sauberes Wasser ist für uns Menschen eine der existentiellen Lebensgrundlagen (BÖHM, 1992). Im Rahmen internationaler Übereinkommen für den Schutz der Gewässer wie z. B. die OSPAR-Konvention zum Schutz des Nordatlantik (OSPAR COMMISSION, 2003) oder im „Danube Pollution Reduction Program“ (SOKOLNIKOV, 1999) haben sich die Anrainerstaaten verpflichtet, die Wasserqualität der Meere und Binnengewässer zu verbessern. Ergänzt werden die Bestimmungen für den Schutz dieser lebensnotwendigen Ressource durch zahlreiche Gesetze und Verordnungen. In den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union sind viele Gesetze und Verordnungen für die jeweiligen administrativen Gebietseinheiten gültig. In den großen Flusseinzugsgebieten Rhein, Elbe und Donau gibt es aus diesem Grund viele regionsspezifische Gesetze. Die dezentrale und kleinräumige Regulierung der Wasserbewirtschaftung und Wassernutzung wird mit der Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union, in der eine Gewässerbewirtschaftung auf Flusseinzugsgebietsebene festgeschrieben ist (EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT, 2000), an Bedeutung verlieren. In Zukunft werden die Rahmenbewirtschaftungspläne im Einklang mit internationalen Vereinbarungen von der oberen Leitstelle eines Einzugsgebietes aufgestellt. Für die Einhaltung dieser Verpflichtungen müssen zukünftig stärkere Maßnahmen für die Eindämmung von diffusen Nährstoffeinträgen, die vor allem von der Landwirtschaft verursacht werden, eingesetzt werden (HORSCH & RING, 2001).

In ihrer Umsetzung schließt die Wasserrahmenrichtlinie sowohl die Oberflächengewässer als auch das Grundwasser ein. Beim Grundwasser treten vor allem regionale Konflikte zwischen Landwirten und den Wasserversorgungsunternehmen auf. Sauberes und unbelastetes Trinkwasser mit niedrigen Nitratgehalten stellt für die Trinkwasserversorgungsunternehmen einen entscheidenden Wirtschaftsfaktor dar, da die Aufbereitung von verunreinigtem Trinkwasser mit hohen Kosten verbunden ist. Besonders in intensiv landwirtschaftlich genutzten Regionen, bei denen gleichzeitig viel Grundwasser gefördert wird, treten daher Nutzungskonflikte mit Wasserversorgungsunternehmen auf.

Nach den Bestimmungen der Wasserrahmenrichtlinie ist eine gemeinschaftliche Bewirtschaftung der Flusseinzugsgebiete einschließlich der Grundwasservorkommen vorgesehen. Das Ziel der obersten Leitstelle eines Flussgebietes soll die Sicherung einer nachhaltigen Wassernutzung sein. Dieses Ziel ist ohne geeignete Instrumente zur Analyse des Wasserhaushaltes und Überwachung der Wasserbewirtschaftung für ein größeres Flussgebiet nur sehr schwer zu erreichen. Für die Behörden und Leitstellen ist es daher hilfreich, auf regional differenzierte flusseinzugsgebietsbezogene Analyseinstrumente zur Planung und Bewirtschaftung der Gewässer zurückgreifen zu können. Diese Planungsinstrumente müssen sowohl natur- als auch sozialwissenschaftliche Aspekte berücksichtigen und erfordern daher umfangreiches Wissen. Diese Anforderungen können nur interdisziplinäre Arbeitsgruppen erfolgreich bewältigen.

Mit dem Decision-Support-System GLOWA-Danubia wird ein solches Planungsinstrument für das Flusseinzugsgebiet der Oberen Donau erstellt. Ziel der interdisziplinären Forschungsarbeit ist das webbasierte Entscheidungs-Unterstützungssystem GLOWA-Danubia, mit dem die Nachhaltigkeit zukünftiger Wassernutzung am Beispiel der Oberen Donau untersucht werden kann (MAUSER, 2003). Da die Art und Intensität der Landbewirtschaftung ein wichtiger Einflussfaktor auf den Gebietswasserhaushalt ist, ist es notwendig, den Einfluss der Landwirtschaft auf den Gebietswasserhaushalt und die Gewässerqualität räumlich differenziert zu quantifizieren.

In dieser Arbeit wird das agrarökonomische Analyseinstrument, das in das Decision-Support-System GLOWA-Danubia eingebunden ist, beschrieben. Mit dem Analyseinstrument wird räumlich differenziert der Einfluss der Landwirtschaft auf die Landnutzung erfasst. Das Agrarsektormodell dient unter anderem zur Bewertung von verschiedenen agrarpolitischen Politikszenarioszenarien und die damit verbundenen Auswirkungen auf die Landnutzung. Desweiteren kann das Modell einen Beitrag zu Vorhersagen von Landnutzungsänderungen aufgrund von Klimaveränderungen liefern.

Die Basis der Arbeit bildet ein ökonomisches Regionalmodell, das mit der Methode der Positiven Quadratischen Programmierung (PQP) erstellt wurde. In dem ökonomischen Modell wird der Wasserbedarf der Landwirtschaft aus der öffentlichen Wasserversorgung berücksichtigt. Die Ergebnisse der Landnutzung und der jeweiligen Bewirtschaftungs-

---

intensität dienen für die Modelle anderer Fachdisziplinen als Modellinput, aus denen dann die Folgen für den Wasserhaushalt berechnet werden.

## **1.2 Vorgehensweise**

Das Kapitel 2 beschreibt den Einfluss der Landnutzung durch die Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt. Erfasst werden dabei quantitative und qualitative Einflüsse der Landwirtschaft. Nach einer Bestimmung der Einflussfaktoren der landwirtschaftlichen Wassernachfrage aus dem öffentlichen Leitungssystem wird der Abwasseranfall bestimmt. Zusammenfassend werden die Nutzungskonflikte im Untersuchungsgebiet aufgezeigt, die zwischen der Landwirtschaft und der Gesellschaft im Bereich des Wassers bestehen. Der zweite Teil des Kapitels stellt die wichtigsten Gesetze und Verordnungen im Bereich des Gewässerschutzes dar. Den Abschluss des Kapitels bildet eine Beschreibung der derzeitigen politischen Gegebenheiten, wobei insbesondere auf Maßnahmen der Extensivierung im Rahmen von Agrarumweltprogrammen eingegangen wird.

In Kapitel 3 wird das Untersuchungsgebiet beschrieben. Dabei wird sowohl der Stellenwert der Wasserversorgung als auch die Bedeutung der Landwirtschaft für das Gebiet erläutert. Nach der Beschreibung des Untersuchungsgebietes werden Aufbau und Funktionsweise des Decision-Support-Systems Glowa-Danubia vorgestellt. Die methodischen Grundlagen der ökonomischen Agrarsektormodellierung werden unter Berücksichtigung der Anforderungen des Decision-Support-Systems diskutiert. Aus den Ergebnissen der Diskussion wird ein für die Fragestellung geeignetes Modellkonzept abgeleitet. Die methodische Grundlage des Modells bildet ein nichtlinearer prozessanalytischer Ansatz, dessen methodische Basis auf der Positiven Quadratischen Programmierung (PQP) beruht. Die beiden PQP-Ansätze nach HOWITT (1995a) und deren Weiterentwicklungen werden vorgestellt und diskutiert.

Das Kapitel 4 beinhaltet die Definition der Produktionsverfahren. Die Zusammenstellung der Produktionsverfahren erfolgt anhand von Angaben der Statistischen Landesämter und aus Kalkulationsunterlagen. Die standardisierten regionalisierten Produktionsverfahren werden in einem nächsten Schritt in den linearen prozessanalytischen Ansatz integriert. Nach der Vorstellung des prozessanalytischen Ansatzes, wird die Kalibrierung der

nichtlinearen Funktionen beschrieben, wobei die Besonderheiten hervorgehoben werden. Im Anschluss daran wird das nichtlineare Modell vorgestellt und die wichtigsten Modifikationen des prozessanalytischen Ansatzes erläutert.

Im Kapitel 5 werden nach der Beschreibung der Referenzsituation die beiden Ansätze nach HOWITT (1995a) hinsichtlich Ihrer Prognoseeigenschaft bewertet. Für die Modellergebnisse des Jahres 1999 wird eine Ex-Post-Analyse durchgeführt. Im Anschluss werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse vorgestellt und diskutiert. Den Abschluss des Kapitels bilden drei Szenarien, in denen verschiedene agrarpolitische Rahmenbedingungen untersucht werden. Den Ausgangspunkt für die Szenarien bilden die Kommissionsvorschläge zur Weiterentwicklung der Agenda 2000. Szenarienrechnungen mit dem Decision-Support-System können aufgrund des noch nicht vollständigen Modellaufbaues der an GLOWA beteiligten wissenschaftlichen Disziplinen noch nicht durchgeführt werden.

Eine kritische Reflexion enthält das Kapitel 6. Im ersten Teil werden dabei Probleme und Schwierigkeiten, die es beim Aufbau des Modells gegeben hat, diskutiert. Aus den Ergebnissen werden dann zukünftige Forschungsfragen abgeleitet. Der zweite Teil setzt sich mit den Szenarioergebnissen des Modells auseinander. Das Kapitel 7 fasst die wichtigsten Inhalte der vorhergehenden Kapitel zusammen.

## 2 Landwirtschaft und Wasser

### 2.1 Einfluss der Landwirtschaft auf Wasserquantität und -qualität

#### 2.1.1 *Einfluss der Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt*

##### 2.1.1.1 *Quantitative Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes*

Die Landwirtschaft beeinflusst den Wasserhaushalt durch die Bewirtschaftung der Acker- und Grünlandflächen. So ist bereits seit dem 13. Jahrhundert die Trockenlegung von Mooren oder die Drainierung ehemaliger Feuchtgebiete vorangetrieben worden, um neue landwirtschaftliche Nutzflächen zu gewinnen (SUCCOW ET AL., 1990). Heute wird kaum noch mit wasserbaulichen Maßnahmen seitens der Landwirtschaft in den Landschaftswasserhaushalt eingegriffen. Die Landwirtschaft beschränkt sich auf den Erhalt der vorhandenen Maßnahmen bzw. strebt heutzutage wieder eine extensivere Gewässerbewirtschaftung an, weil die Regulierung des Landschaftswasserhaushaltes aus landwirtschaftlicher Sicht in manchen Gebieten nicht mehr rentabel ist (DABBERT UND WINTER, 2000). In den letzten Jahren sind einige dieser Feuchtgebiete mit einem für die Landwirtschaft suboptimalen Wasserhaushalt unter Naturschutz gestellt worden. Damit ist es nicht mehr möglich, in den Wasserhaushalt mit wasserbaulichen Maßnahmen in diese Gebiete einzugreifen.

Die Landwirtschaft greift dennoch durch Landnutzung in den Landschaftswasserhaushalt ein (WOHLRAB ET AL., 1992). Die kultivierten Pflanzen benötigen Wasser, das dem Boden entzogen wird. Einen entscheidenden Einfluss auf die Grundwasserbildung besitzt unter anderem die Flächennutzung. In Abhängigkeit der Flächenbewirtschaftung lassen sich folgende Regeln hinsichtlich der Grundwasserbildung ableiten (FREDE & BACH, 1999): Die höchste Grundwasserneubildung erreicht das Ackerland, gefolgt vom Grünland, während der Forst eine geringere Grundwasserneubildungsrate aufweist. Ein entscheidender Faktor für die unterschiedliche Grundwasserneubildung ist der Wasserverbrauch der Pflanzen durch die Verdunstung. Der Wasserverbrauch der Pflanzen wird durch den Transpirationskoeffizienten bestimmt, der als Wasserverbrauch pro Kilogramm Trockensubstanz definiert ist. Der Transpirationskoeffizient variiert nicht nur zwischen den einzelnen Pflanzenarten, sondern auch innerhalb der gleichen Art, was maßgeblich auf die Luftfeuchtigkeit und Temperatur am jeweiligen Standort zurückzuführen ist.

Der Wasserbedarf landwirtschaftlicher Kulturpflanzen lässt sich in Abhängigkeit der Ertragshöhe und dem spezifischen Transpirationskoeffizienten berechnen. Die Tabelle 1 gibt einen Überblick über die Transpirationsmenge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen.

**Tabelle 1: Transpirationskoeffizienten und Transpiration landwirtschaftlicher Kulturpflanzen**

| Kultur  | Transpirationskoeffizient | Transpiration bei durchschnittlichen Erträgen/ha |
|---|---------------------------|--|
| Mais, Zuckerrüben                             | 300-400 l/kg TM           | 4.550.000 l/ha                                   |
| Roggen, Gerste, Hartweizen                    | 400-500 l/kg TM           | 2.700.000 l/ha                                   |
| Kartoffeln, Weichweizen<br>Kohl, Sonnenblumen | 500-600 l/kg TM           | 3.850.000 l/ha                                   |
| Raps, Erbse, Ackerbohne                       | 600-700 l/kg TM           | 2.275.000 l/ha                                   |
| Klee, Luzerne                                 | > 700 l/kg TM             | > 5.600.000 l/ha                                 |

Quelle: Geisler (1988) und eigene Berechnung

Mais und Zuckerrüben besitzen den niedrigsten Transpirationskoeffizienten, verdunsten aber durch ihr hohes Ertragspotential sehr viel Wasser pro Hektar. Die Getreidearten haben einen mittleren Verbrauch mit 400 l/kg TM bis 500 l/kg TM, die Körnerleguminosen und der Raps haben einen um 100 Liter höheren Transpirationskoeffizienten. Die höchsten Transpirationskoeffizienten besitzen Klee- und Luzerneflächen. Dass der Wasserentzug auch einen entscheidenden Einfluss auf die Landbewirtschaftung hat, zeigen die verschiedenen Fruchtfolgesysteme, die in Abhängigkeit der Wasserverfügbarkeit des Standortes an den jeweiligen Standort angepasst sind (GEISLER, 1988). Der Wasserbedarf ist während des vegetativen Wachstums der Kulturpflanzen am höchsten. In landwirtschaftlich intensiv genutzten Gebieten wird bei bestimmten Kulturen das Wasserangebot durch Beregnung ergänzt.

Nicht nur die Fruchtfolge wirkt auf den Wasserhaushalt ein, sondern auch die Bodenbearbeitung. Oberflächliche Bodenbearbeitung unterbricht die Kapillarwirkung wodurch weniger Wasser verdunstet. Die Bodenbearbeitung kann sich aber auch negativ auf die Grundwasserbildung auswirken. Zum Beispiel erschwert die Pflugsohlenbildung die Versickerung von Niederschlägen, wodurch weniger Wasser in tiefere Bodenschichten gelangen kann (LANDESKULTURGESELLSCHAFT, 2002). Mulch- oder Direktsaaten weisen niedrigere Abflussmengen auf und fördern die Versickerung von Niederschlagswasser.

Einige Ministerien vertreten daher die Meinung, dass die Landwirtschaft einen Beitrag zum Hochwasserschutz leisten kann, indem sie durch veränderte Landbewirtschaftungsmaßnahmen eine Förderung des Wasserrückhaltes erreicht (MINISTERKONFERENZ, 2001; MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT NATURSCHUTZ UND UMWELT THÜRINGEN, 2001).

#### *2.1.1.2 Qualitative Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes*

Während die quantitative Beeinflussung des Landschaftswasserhaushaltes durch die Landwirtschaft erst in den letzten Jahren von der Öffentlichkeit wahrgenommen wird, werden die Beeinträchtigungen der Wasserqualität durch die Landwirtschaft seit längerer Zeit in der breiten Öffentlichkeit diskutiert. Wasser ist ein gutes Transportmedium für Schwebstoffe und gelöste Stoffe. Aufgrund dieser Eigenschaft werden Dünge- und Pflanzenschutzmittel ins Oberflächen- und Grundwasser ausgetragen.

Aus einzelbetrieblicher ökonomischer Sicht hängt der Einsatz von ertragssteigernden Mitteln von der Produktionsfunktion, den Faktorpreisen und den Produktpreisen ab. Der Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemittel ist eng miteinander verknüpft und beeinflusst sich gegenseitig (DEHIO, 1993). Die landwirtschaftlichen Kulturen bzw. Produktionsverfahren haben sehr unterschiedliche Ansprüche an ertragssteigernde Mittel bezüglich ihrer Zusammensetzung und Aufwand. Das Ausmaß der Gewässerbelastung durch die Landwirtschaft ist, abhängig von den Standortbedingungen und den Klimaverhältnissen, die wiederum Rückwirkungen auf Art und Intensität der Landbewirtschaftung haben, unterschiedlich hoch.

Die Nährstoffe gelangen zu großen Teilen in Form von diffusen Einträgen in die Gewässer. Diffuse Einträge zeichnen sich durch flächige Einträge aus und sind daher schwer zu bestimmen. Das Grundwasser wird vor allem mit leicht mobilisierbaren Stickstoffverbindungen wie Nitrat belastet, während die Phosphatverbindungen, bedingt durch die schlechte Löslichkeit im Bodenwasser, kaum in erhöhten Konzentrationen im Grundwasser vorhanden sind. Der diffuse Eintrag des Phosphates findet vor allem in Oberflächengewässer statt. Für die Abschätzung des Nährstoffeintrages in Gewässer werden in Abhängigkeit vom Nährstoff unterschiedliche Methoden verwendet.

Als Berechnungsgrundlage für die Bestimmung des Stickstoffaustrages in Gewässer dient der Stickstoffbilanzsaldo. Der mittlere Bilanzsaldo eines Gebietes kann aus den Stickstoffbilanzsalden und den Flächenanteilen der einzelnen Kulturen errechnet werden (LAMMEL, 1994). Mit dieser Methode ist eine flächendeckende Abschätzung der Stickstoffbilanz auf Landkreisebene und damit die Abschätzung der diffusen Nährstoffeinträge aus der Landwirtschaft möglich.

Die Stickstoffbilanzüberschüsse in der Landwirtschaft werden nach Meinung des Wissenschaftlichen Beirates des BML vor allem durch wirtschaftliche, politische und soziale Rahmenbedingungen beeinflusst. Als Ursachen für überhöhte Stickstoffbilanzen identifiziert der WISSENSCHAFTLICHE BEIRAT DES BML (1993) sechs Gründe:

1. Steigende Nachfrageentwicklung nach tierischen Veredlungsprodukten
2. Skaleneffekte und Agglomerationsvorteile durch technologische Entwicklungen
3. Agrarpolitische Rahmenbedingungen
4. Unkenntnis und mangelndes Problembewusstsein bei den Landwirten
5. Externe Effekte
6. Agrarstrukturelle Bedingungen.

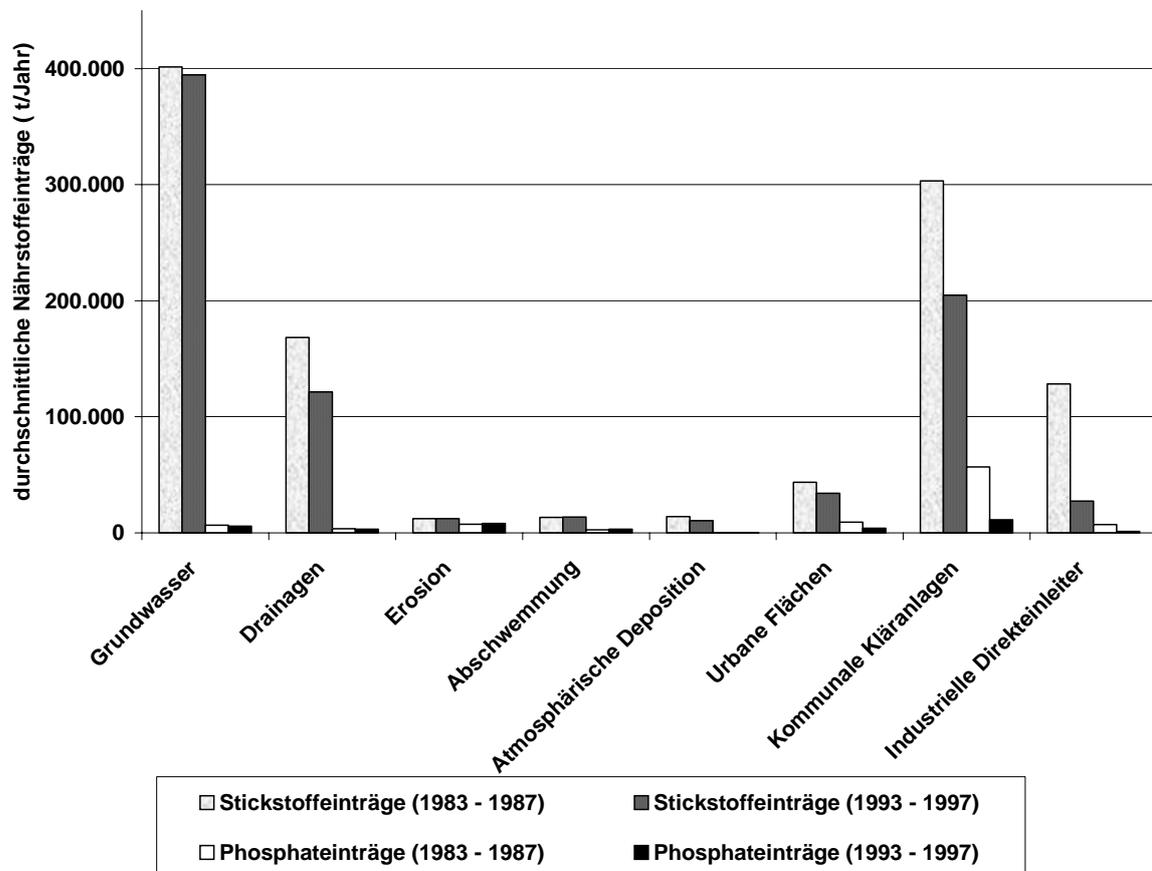
Phosphat wird im Grundwasser selten angereichert. Die Ursache liegt an der festen Bindung des Phosphates an Bodenpartikel (FEHR, 2000). So sind die Phosphateinträge in Oberflächengewässer hauptsächlich eine Folge der Bodenerosion (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BEIM BML, 1992). Die Bodenerosion kann mit Hilfe der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung berechnet werden (FELDWISCH ET AL., 1999c). Aus der Menge des Bodenabtrages und der Phosphatkonzentration des Bodens lässt sich der Phosphateintrag in Oberflächengewässer abschätzen. Der Phosphataustrag in Oberflächengewässer aus landwirtschaftlichen Quellen wird von vier Haupteinflussgrößen bestimmt (WALTER, 1999):

- Kulturart
- Geländeeigenschaften
- Bodeneigenschaften
- Abflusshöhe.

Aus den Berechnungsgrundlagen der vorgestellten Ansätze lässt sich das Belastungspotential ableiten. Die Landwirtschaft ist nach der Studie des Umweltbundesamtes mit fast

60 % für den Stickstoffeintrag und mit nahezu 50 % für den Phosphateintrag in die Gewässer verantwortlich (BEHRENDT ET AL., 1999). Diese beiden Nährstoffe gelangen durch diffuse Einträge aus dem Grundwasser, Drainagen, Erosion oder Abschwemmung in die Oberflächengewässer. Die Abbildung 1 zeigt die Eintragungspfade in die Gewässer auf und verdeutlicht den Anteil der Landwirtschaft am Nährstoffeintrag in die Gewässer.

**Abbildung 1: Vergleich der durchschnittlichen jährlichen Stickstoff- und Phosphateinträge in deutsche Gewässer in den Jahren 1983-1987 und 1993-1997**



Quelle: BEHRENDT ET AL. (1999), eigene Darstellung

Die Abbildung macht auch deutlich, dass aus fast allen Eintragungspfaden die Nährstoffeinträge in die Gewässer zurückgegangen sind. Für einen großen Teil der Oberflächengewässer wird eine verringerte Nährstoffbelastung festgestellt (SRU, 2000). Dennoch ist die Situation bei den Grund- und Oberflächengewässern unterschiedlich. Es gibt immer noch zahlreiche Flussgebietsabschnitte mit erhöhten Nährstoffkonzentrationen. Die Phosphatreduktion ist vor allem auf gezielte Maßnahmen in kommunalen Kläranlagen und industriellen Abwassereinleitern zurückzuführen (UMWELTBUNDESAMT, 2001a). Die

Oberflächengewässer sind nach dem Einbau von Phosphatfällungsanlagen in die Kläranlagen und dem Einsatz von phosphatarmen Waschmitteln vor allem mit Phosphat-einträgen aus diffusen Quellen belastet.

Durch verbesserte Meßmethoden wird es möglich, Kontaminationen der Grund- und Oberflächengewässer mit Wirkstoffen oder Abbauprodukten von Pflanzenschutzmitteln festzustellen. Die Kontamination des Grundwassers ist auf die Versickerung von Pflanzenschutzmitteln mit Niederschlagswasser zurückzuführen, während die Verschmutzung des Oberflächenwassers durch Abdrift und Bodenabtrag zustande kommt. Sofern die Sicherheitsabstände bei der Pflanzenschutzanwendung eingehalten werden, kann heute davon ausgegangen werden, dass eine Belastung von Oberflächengewässern durch Abdrift keine Bedeutung mehr hat (NOLTING, 1993). Pflanzenschutzmittelfunde in Oberflächengewässern sind daher hauptsächlich eine Folge der Bodenerosion (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BEIM BML, 1992). Die Menge an Pflanzenschutzmitteln wird durch die Pflanzenschutzmittelkonzentration im Oberboden, die Stärke der Erosion und dem Sorptionsverhalten des Bodens bestimmt (AUERSWALD ET AL., 1992).

Die Bestimmung des Gefährdungspotentials von Gewässern durch Pflanzenschutzmittel ist sehr schwierig, denn die Konzentration der Pflanzenschutzmittel im Gewässer reicht nicht aus, um das Gewässergefährdungspotential festzulegen. Andere wichtige Faktoren, die bei Pflanzenschutzmitteln in Gewässern in die Bewertung mit einfließen müssen, sind Persistenz, Toxizität und Verlagerung im Boden (EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY, 1999). Die Toxizität untergliedert sich in akute und chronische Toxizität. Da Pflanzenschutzmittel in der Umwelt abgebaut werden, sind nicht nur die Ausgangssubstanzen, sondern auch die Abbauprodukte im Hinblick auf ihre Toxizität zu prüfen (MÜLLER-WEGENER ET AL., 1993). Je schneller ein Pflanzenschutzmittel vollständig abgebaut ist, desto geringer ist die Wahrscheinlichkeit einer Anreicherung in den Gewässern. Erschwerend bei der Bewertung des Gewässergefährdungspotentials von Pflanzenschutzmitteln sind die sich im Laufe der Jahre verändernden Wirkstoffe und die ständige Zunahme der Wirksamkeit der Wirkstoffe.

## 2.1.2 Landwirtschaft und das öffentliche Wassersystem

### 2.1.2.1 Wasserbedarf in der Landwirtschaft

Die Landwirtschaft benötigt Wasser aus dem öffentlichen Leitungssystem sowohl für die Tier- als auch für die Pflanzenproduktion. Das Wasser dient in der Tierhaltung als Tränke oder wird für die Reinigung eingesetzt. In der Pflanzenproduktion wird Wasser zur Reinigung von landwirtschaftlichen Maschinen verwendet. Weiterer Wasserbedarf besteht für die Bewässerung oder als Verdünnungssubstanz zur Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln.

In der Tierhaltung wird Wasser als Brauchwasser und für die Fütterung und Tränke der Tiere eingesetzt. Eine bedarfsgerechte Versorgung der landwirtschaftlichen Nutztiere ist nicht nur für die Erbringung ihrer Leistung wichtig. Gleichfalls sind ethische Bedenken gegen eine zu niedrige Wasserversorgung von landwirtschaftlichen Nutztieren zu berücksichtigen. Die Tabelle 2 gibt einen Überblick über den Wasserbedarf der landwirtschaftlichen Nutztiere.

**Tabelle 2: Richtwerte zum Tränkewasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere**

| Tierart Alter bzw. Produktionsstufe | mittlerer Wasserbedarf<br>Liter/(Tier*Tag) | maximaler Wasserbedarf<br>Liter/(Tier*Tag) |
|-------------------------------------|--|--|
| Milchkuh                            | 50 (30 – 70)                               | 100 – 120                                  |
| Rinder über 1 Jahr                  | 25 (15 - 35)                               | 70   |
| Rinder unter 1 Jahr                 | 20 (15 – 25)                               | 30   |
| Säugende Muttersau                  | 30 (20 – 40)                               | 50 – 60                                    |
| Mastschwein (je 50 kg LM)           | 8 (5 - 10)                                 | 12 – 15                                    |
| Schaf                               | 5 (2 – 8)                                  | 10 - 12                                    |
| Reit- und Zugpferd                  | 35 (25 – 45)                               | 70   |

Quelle: Löffler (2002)

Die in der Tabelle 2 aufgeführten Angaben über den täglichen Tränkewasserbedarf landwirtschaftlicher Nutztiere variieren sehr stark. Die große Spannbreite des Wasserbedarfs ist auf unterschiedliche Futterzusammensetzungen, Leistungen und Klimaverhältnisse zurückzuführen.

Zusätzlich zum physiologischen Bedarf der Tiere wird Wasser in Trinkwasserqualität für die Reinigung und Desinfektion von Stalleinrichtungen benötigt. Viel Wasser wird vor

allem in Tierhaltungsverfahren, die im Rein-Raus-Verfahren durchgeführt werden, wie die Geflügel- oder die Schweinehaltung, benötigt. Hier erfordern die arbeitsteiligen Systeme eine Reinigung und Desinfektion der Stalleinrichtung nach jeder Belegung. So wird bei einer Generalreinigung eines Stallgebäudes je Quadratmeter Reinigungsfläche ein Wasserbedarf von 1,5 l bis 2,5 l veranschlagt (SOMMER ET AL., 1991).

In nicht unerheblichem Maß wird Trinkwasser als Brauchwasser im Rahmen der Pflanzenproduktion eingesetzt. Es wird häufig als Verdünnungsmittel für Pflanzenschutzmittel verwendet. Pro Pflanzenschutzmaßnahme werden zwischen 200 und 400 Liter Wasser pro Hektar verwendet. Desweiteren wird Beregnungswasser für Sonderkulturen teilweise aus dem öffentlichen Leitungssystem entnommen.

#### *2.1.2.2 Abwässer der Landwirtschaft*

Der Abwasseranfall in der Landwirtschaft ist deutlich geringer als der Trinkwasserbedarf. Das Trinkwasser für Tiere bzw. das Brauchwasser, welches für die Reinigung der Ställe verwendet wird, wird mit der Gülle bzw. Jauche auf die Felder ausgebracht. Das für die Pflanzenproduktion aus dem öffentlichen Wasserversorgungssystem entnommene Wasser wird ebenfalls größtenteils auf die landwirtschaftlichen Flächen ausgebracht.

Dennoch entstehen durch landwirtschaftliche Produktionsprozesse Abwässer, die bei einer nicht fachgerechten Entsorgung zu Problemen führen. Eine weitere, auf neuen Erkenntnissen beruhende Tatsache ist der Pflanzenschutzmitteleintrag über Hofabwässer landwirtschaftlicher Betriebe in die Oberflächengewässer (FELDWISCH ET AL., 1999a). Hier führt die unsachgemäße Reinigung der Pflanzenschutzmittelbehälter zu Beeinträchtigungen, falls das Reinigungswasser in die Kanalisation gespült wird. Die Konzentration von Pflanzenschutzmitteln im Abwasser steigt während der Hauptausbringungszeit in vielen Kläranlagen an. Die Wirkstoffe der Pflanzenschutzmittel können zusätzlich die biologischen Klärstufen in den Kläranlagen schaden. Zudem ist die Aufenthaltsdauer von Pflanzenschutzmitteln in der Kläranlage zu kurz, um einen Abbau durch Organismen zu bewirken. Die Pflanzenschutzmittel werden aus diesem Grund unverändert in die Oberflächengewässer eingeleitet (AGRA-EUROPE, 2003).

### 2.1.3 Nutzungskonflikte

Die geschilderten Einflüsse der Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt führen zu Nutzungskonflikten mit anderen Gesellschaftsgruppen. Nutzungskonflikte lassen sich sowohl aus dem qualitativen als auch aus dem quantitativen Einfluss der Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt ableiten. Während sich durch die Aufgabe bzw. Extensivierung von Feuchtwiesen eine Entspannung der Nutzungskonflikte zwischen der Landwirtschaft und der Bevölkerung abzeichnet, wird die Landwirtschaft als Mitverursacher von Hochwasser kritisiert. Bei den Qualitätseffekten ist die Landwirtschaft zum Handeln aufgefordert, da sich die Nährstoffeinträge aus diffusen Quellen kaum noch ökonomisch effizient reduzieren lassen (BÖHM ET AL., 2002). Als Verursacher von Trinkwasserverschmutzung wird die Landwirtschaft von den Wasserwerken kritisiert. Die Trinkwasseraufbereitung verursacht hohe Kosten, die von den Versorgungsunternehmen, letztlich vom Verbraucher, getragen werden müssen.

Die derzeitigen Nutzungskonflikte können sich in Zukunft weiter verstärken. Die bevorstehende Klimaänderung, die eine Erwärmung der Erdoberfläche nach sich ziehen wird, wird die Transpiration der Pflanzen weiter ansteigen lassen. Die Verdunstung wird durch längere Wachstumsperioden und steigende Erträge zusätzlich ausgedehnt. Ein weiterer Effekt der Klimaerwärmung, der erwartet wird, sind abnehmende Niederschlagsmengen in den Sommermonaten bei steigender Niederschlagsintensität, wodurch die Grundwasserneubildung beeinträchtigt wird (UMWELTBUNDESAMT, 2001b).

Der Abnahme der Wassermenge im Landschaftswasserhaushalt, in dem sowohl die Grundwasserbildung als auch der Oberflächenabfluss zurückgehen wird, hat auch Auswirkungen auf die Qualität des Wassers. Der fehlende Verdünnungseffekt führt bei einem konstanten Nährstoffbilanzsaldo in der Landwirtschaft zu einem steigenden Nitratgehalt im Wasser. Je höher also die Transpiration der Pflanzen sein wird, desto konzentrierter liegen die unerwünschten Stoffe im Grundwasser vor. Bereits heute sind geringe Niederschlagsmengen in Nordbayern ein Grund für die stärkere Nitratbelastung des Trinkwassers (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2001).

Mit einem weiteren Anstieg des Pro-Kopf-Verbrauches an Grundwasser ist nicht zu rechnen. In den letzten Jahren ist der Wasserverbrauch pro Kopf auf einem konstanten Niveau geblieben, was durch den Einsatz von wassersparender Technik und durch die

Sensibilisierung der Bevölkerung für Umweltschutzbelange erreicht werden konnte. In Zukunft wird der Einsatz wasserverbrauchsminimierender Techniken weiter zunehmen. Dennoch ist durch das Bevölkerungswachstum in den Ballungszentren eine rückläufige Grundwasserförderung im Umland der Großstädte nicht zu erwarten.

Regionale Probleme treten vor allem durch die erhöhten Nitratgehalte in den Trinkwasserförderungsanlagen auf. Hier treten Nutzungskonflikte zwischen den Wasserversorgungsunternehmen und den Landwirten auf. Um die Trinkwasserqualität aufrecht zu halten, muss Grundwasser mit Nitratgehalten über 50 mg/l mit nitratarmem Wasser verschnitten werden, um Trinkwasserqualität zu erreichen. Hierfür kann nitratarmes Wasser zugekauft oder nitratarmes Tiefenwasser zugemischt werden. Es ist nicht im öffentlichen Interesse, unbelastetes Tiefenwasser zu fördern, da die Verunreinigungen des oberflächennahen Grundwassers durch die Sogwirkung des geförderten Tiefenwassers in die Tiefe gelangen können und damit die Reserven gefährdet werden (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2001). Eine weitere Lösungsmöglichkeit wäre die Anschaffung von Trinkwasseraufbereitungsanlagen, die aber sowohl in der Anschaffung als auch im Unterhalt sehr teuer und daher für viele Wasserwerke mit zu hohen Kosten verbunden sind (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT, 2001). Eine weitere Alternative wäre, auf Grundwasservorkommen außerhalb der belasteten Gebiete zurückzugreifen. So hat sich die Aufgabe der Fernwasserversorgung im Laufe der letzten Jahre von der mengenmäßigen Bedarfsbefriedigung in Wassermangelgebieten hin zu einer Sicherstellung der Versorgung mit ausreichender Wasserqualität gewandelt (KRAEMER ET AL., 1997). Aber auch hier muss mit Nutzungskonflikten gerechnet werden, da die sauberen Trinkwasserressourcen und die Nachfrage nach Trinkwasser räumlich divergent sind (RUDOLPH, 1988).

Desweiteren sind die ökologischen Auswirkungen auf eine Nährstoffanreicherung auch in Gewässern, die nicht für die Trinkwasserbereitstellung benötigt werden, zu beachten. Nährstoffreiche Gewässer fördern das Algenwachstum, deren Abbauprodukte den Sauerstoffgehalt der Gewässer senken, was zu einem Umkippen von Gewässern führen kann. Die Gesellschaft möchte saubere Gewässer und fordert daher die Landwirtschaft auf, die Verschmutzungen der Gewässer durch Nährstoffeinträge zu reduzieren. Ebenso führen Verschmutzungen in Gewässersystemen, die sich über mehrere Staaten erstrecken, immer wieder zu Konflikten zwischen den Anliegerstaaten (WALLACHER, 1999).

## 2.2 Umweltpolitische Maßnahmen in der Agrarpolitik zum Schutz der Gewässer

### 2.2.1 Grundzüge der Umweltpolitik

#### 2.2.1.1 Notwendigkeit von Umweltpolitik

Die Anforderungen an die Umweltpolitik ergeben sich aus den Gesetzmäßigkeiten begrenzter Ressourcen. Der stetige Anstieg des Nutzungsanspruches um das knappe Gut „qualitativ hochwertiges Wasser“ führt zu einem Nutzungskonflikt zwischen Wasserversorgung und Landwirtschaft. Je größer der Aufwand für den Gewässerschutz ist, desto stärker steigen die Nutzungskonflikte zwischen den einzelnen Akteuren an (RINKE, 1992).

Die Umweltpolitik ist ein Themenbereich der Wirtschaftswissenschaften, der sich mit einer optimalen Nutzung und dem Schutz von Umweltgütern beschäftigt. Als öffentliche Güter werden in der Umweltökonomie Güter bezeichnet, welche durch folgende drei Kriterien gekennzeichnet sind (BARTMANN, 1996):

- Versagen des Ausschlussprinzips
- Nichtrivalität
- Unteilbarkeit

Das Oberflächen- und Grundwasser erfüllt sowohl die Kriterien des Ausschlussprinzips als auch das der Unteilbarkeit. Das Ausschlussprinzip kann damit begründet werden, dass ein Großteil der gesellschaftlich unerwünschten Verschmutzung aus diffusen Quellen stammt, deren Verursacher nicht eindeutig bestimmt werden können. Die Unteilbarkeit wird bei der Betrachtung des Wasserkreislaufes erkennbar, da eine Abgrenzung einzelner Gewässer selten möglich ist.

Lediglich im Bereich der Nichtrivalität erfüllt das Wasser nicht vollständig die Eigenschaften eines öffentlichen Gutes. Die Rivalität ist abhängig von der Nutzungsart des Gutes Wasser. Falls die Nutzung innerhalb von Personengruppen identisch ist, wie z.B. die alleinige Nutzung des Gewässers als Badesee, so zeigt sich, dass über die Verwendung innerhalb bestimmter Nutzergruppen eine Rivalität zumindest weitestgehend ausgeschlossen werden kann. Sollen jedoch die Gewässer verschiedene Aufgaben gleichzeitig erfüllen, dann kommt es zu Nutzungskonflikten zwischen den Nutzern, wie z.B. die Nitratproblematik in der Trinkwasserversorgung zeigt. Das Gut Wasser zeigt damit wesentliche Eigenschaften öffentlicher Güter. So sind diffuse Verschmutzungen der

Gewässer nur schwer dem Verursacher zuzuordnen. Entsprechend ist das Vergehen Einzelner oft nur schwer nachzuweisen.

Die Umweltverschmutzungsprobleme werden häufig durch externe Effekte wirtschaftlicher Aktivitäten ausgelöst. Unter dem Begriff der externen Effekte werden Auswirkungen von Aktivitäten eines Wirtschaftssubjektes auf die Produktions- oder Konsummöglichkeiten anderer Wirtschaftssubjekte, die nicht an dessen Aktivitäten beteiligt sind, verstanden. Die Einflüsse der Landwirtschaft auf den Landschaftswasserhaushalt sind als externe Effekte anzusehen, da sie zunächst nicht von anderen Wirtschaftssubjekten gesteuert werden können.

#### *2.2.1.2 Instrumente der Umweltpolitik*

Für die Lösung von Nutzungskonflikten bei öffentlichen Gütern stehen der Gesellschaft drei verschiedene Instrumententypen zur Verfügung (EWERS UND HASSEL, 2000):

1. ordnungsrechtliche Instrumente
2. umweltökonomische Instrumente
3. organisatorische Instrumente

Bei den ordnungsrechtlichen Instrumenten handelt es sich um Auflagen, Ge- oder Verbote. Diese Instrumente werden im Rahmen der Gesetzgebung eingesetzt. Hier werden Normen für Grenzwerte festgelegt, die die maximale Belastungshöhe festlegen.

Die umweltökonomischen Instrumente beruhen auf der Theorie zur Internalisierung von externen Effekten. Diese Theorie ist von PIGOU (1932) begründet und von COASE (1960) weiterentwickelt worden. Eine Möglichkeit liegt in der gezielten finanziellen Förderung von umweltschonenden Maßnahmen über Subventionen oder Ausgleichszahlungen. Eine weitere Alternative sind Abgaben oder die Ausgabe von Zertifikaten. Die Höhe der Abgabe richtet sich nach dem Grad der Umweltverschmutzung. Bei den Zertifikaten darf die Umweltverschmutzung bis zu einem festgelegten Grad erfolgen. Verschmutzungen, die über das in den Zertifikaten verbriefte Recht hinausgehen, sind nicht zugelassen. Ein Handel mit Zertifikaten erlaubt den Unternehmen, Rechte zuzukaufen bzw. überflüssige Rechte zu verkaufen. Mit diesen Maßnahmen werden besonders umweltschonende

Produktionsweisen gefördert, während Produktionsweisen mit besonders negativen externen Effekten an relativer Vorzüglichkeit verlieren.

Zu den organisatorischen Instrumenten zählen Aus- und Weiterbildung sowie Beratung. Mit dieser Instrumentengruppe wird versucht, das Handeln der Akteure ohne die Anwendung von Sanktionsmechanismen zu beeinflussen. So werden den Akteuren die Konsequenzen ihres Handels auf die Umwelt aufgezeigt. Ebenso werden im Rahmen dieser Instrumente umweltschonendere Handlungsalternativen mit den Akteuren erarbeitet und umgesetzt.

In Deutschland werden alle drei Instrumente für den Gewässerschutz eingesetzt. Die organisatorischen Instrumente sind bereits in der Berufsaus- und Fortbildung der Landwirte feste Bestandteile der Lehrinhalte. Im Rahmen der Offizialberatung fließen umweltpolitische Gesellschaftsziele in die Beratung der Landwirte mit ein. Die beiden anderen Instrumente sind wesentlich umfangreicher und weitreichender, weswegen sie in den nachfolgenden Ausführungen weiter differenziert und erörtert werden.

## ***2.2.2 Einsatz von umweltpolitischen Instrumenten für den Gewässerschutz***

### *2.2.2.1 Überblick über Rechtsgrundlagen des Gewässerschutzes*

Die Rechtsgrundlagen des Gewässerschutzes werden von drei Instanzen vorgegeben. Oberste Priorität haben die Verordnungen und Richtlinien der Europäischen Union. Die beschlossenen Richtlinien müssen in allen Mitgliedsstaaten umgesetzt werden, wobei in den Gesetzen und Verordnungen der einzelnen Mitgliedsstaaten die vorgegebenen Mindeststandards der EU-Richtlinien eingehalten werden müssen. Den Mitgliedsstaaten wird bei der Umsetzung der Richtlinien ein begrenzter Spielraum eröffnet, wie sie die Richtlinien in nationales Recht umsetzen.

Die Bundesrepublik Deutschland ist ein föderalistischer Staat. Sowohl der Bund als auch die Länder besitzen Gesetzgebungskompetenzen für das Wasserrecht. Die einzelnen Bundesländer können innerhalb der Rahmengesetze des Bundes frei über Strukturen und andere Aspekte der Wasserwirtschaft entscheiden (BETLEM, 1997). Die Bundesländer verfügen über eigene Landeswassergesetze, welche die Bestimmungen des Wasserhaus-

haltsgesetzes des Bundes ergänzen. So existieren unterschiedliche Varianten bei den Vorsorgestrategien zum Trinkwasserschutz.

Die wichtigsten Rechtsgrundlagen im Bereich des Gewässerschutzes und der Landwirtschaft sind in der folgenden Tabelle 3 aufgelistet. In den Zeilen sind die Rechtsvorschriften den entsprechenden gesetzgebenden Organen zugeordnet. Die Spalten zeigen neben dem Wasserrecht auch noch das Düngere- und Pflanzenschutzrecht sowie sonstige Rechtsgrundlagen, die wichtige Bestimmungen zum Schutz der Gewässer enthalten.

**Tabelle 3: Rechtsgrundlagen des Gewässerschutzes**

|        | Wasserrecht   | Düngerecht                           | Pflanzenschutzrecht   | Sonstiges  |
|--------|---|--------------------------------------|---|--|
| EU     | Wasserrahmenrichtlinie<br>Nitrat-Richtlinie<br>Trinkwasserrichtlinie                | Nitrat-Richtlinie                    | Zulassungsrichtlinie  |  |
| Bund   | Wasserhaushaltsgesetz<br>Trinkwasserverordnung                                      | Düngemittelgesetz<br>Düngeverordnung | Pflanzenschutzgesetz<br>Pflanzenschutzsachkundeverordnung<br>Pflanzenschutzanwendungsverordnung | Abfallrecht<br>Immissionschutzrecht<br>Bodenschutzgesetz |
| Länder | Wassergesetze der Länder<br>Schutzgebiets- und Ausgleichsverordnung (SchALVO) in BW |                                      |   |  |

Quelle: Feldwisch et al. (1999), ergänzt und eigene Darstellung

#### 2.2.2.2 Wichtige Gesetze zum Schutz des Wassers

Die von der Europäischen Union verabschiedete Wasserrahmenrichtlinie dient der Schaffung eines Ordnungsrahmens für einen gemeinsamen Schutz von Grund- und Oberflächengewässer. Der Schutz der Oberflächengewässer schließt sowohl die Binnengewässer als auch die Küstengewässer mit ein (WEZEL, 1999). Nach dieser Richtlinie sind die Mitgliedsländer der Europäischen Union verpflichtet, geeignete Behörden zu bestimmen, die die Gewässer flussgebietsbezogen bewirtschaften. Erstreckt sich ein Flussgebiet über mehrere Mitgliedsstaaten, erfolgt die Bewirtschaftung gemeinsam mit den Behörden der jeweiligen Hoheitsgebiete. Für die Bewertung des Gewässerzustands treten die bisher maßgeblichen chemischen und physikalischen Parameter in den

Hintergrund. Stattdessen werden ökologische Gewässerparameter, wie die Gewässerflora und -fauna, als maßgebliches Bewertungskriterium herangezogen (UMWELT, 2001).

Das Wasserhaushaltsgesetz vom 19. August 2002 soll die Bewirtschaftung der Gewässer zum Wohl der Allgemeinheit sicherstellen. Nach § 1a, (2) ist jeder verpflichtet, bei Maßnahmen, die die Gewässer beeinflussen, sorgfältig vorzugehen, um eine Verunreinigung oder andere nachteilige Veränderung zu vermeiden. Für die Landwirtschaft sind in § 19 zusätzliche Bestimmungen festgelegt. § 19g fordert von Lagerstätten für Gülle, Jauche und Silagesickersäften einen bestmöglichen Schutz der Gewässer. § 19 Abs. 4 sieht Aufwandsentschädigungen für eingeschränkte landwirtschaftliche Bewirtschaftungsmaßnahmen vor, die das Maß einer ordnungsgemäßen landwirtschaftlichen Nutzung eines Grundstückes übersteigen (MÖKER, 1993).

In der Fassung der Trinkwasserverordnung vom 21. Mai 2002 (Verordnung über Trinkwasser und über Wasser für Lebensmittelbetriebe) sind die Mindestanforderungen an Trinkwasser festgeschrieben. Die Verordnung fordert, dass in Trinkwasser keine krankheitserregenden Stoffe sein dürfen und gibt für bestimmte chemische Stoffe Grenzwerte vor. Sie bestimmt den maximalen Nitratgehalt von 50 mg/l und die zulässigen Pflanzenschutzmittelkonzentrationen. Als Grenzwert für die Konzentration eines Pflanzenschutzmittels ist der Wert 0,1 µg/l festgelegt. Insgesamt darf die Gesamtkonzentration der Pflanzenschutzmittel den Wert von 0,5 µg/l nicht überschreiten.

Für den besonderen Schutz der Trinkwasserschutzgebiete haben die einzelnen Länder eigene Verordnungen erlassen. In Baden-Württemberg sind die Regelungen in der Schutzgebiets- und Ausgleichs-Verordnung (SchALVO) seit dem Jahre 1988 festgeschrieben. Ziel der SchALVO ist, Grundwasserverunreinigungen mit Pflanzenschutzmitteln, Nitrat und mikrobiellen Lebewesen zu verhindern bzw. eine Sanierung vorhandener Verunreinigungen im Trinkwasser schnellstmöglich durchzuführen.

Innerhalb der Wasserschutzgebiete sind bestimmte Regeln einzuhalten. So dürfen in den Wasserschutzgebieten Pflanzenschutzmittel nur angewendet werden, wenn sie im Positiv-Katalog aufgeführt sind. In der ursprünglichen Verordnung wird den Landwirten ein Pauschalausgleich von 310 DM/ha (ca. 159 €/ha) landwirtschaftlicher Nutzfläche im

Wasserschutzgebiet garantiert. Bei Nachweis eines höheren wirtschaftlichen Nachteils wird ein Einzelausgleich gewährt.

Es hat sich gezeigt, dass die SchALVO in ihrer ursprünglichen Fassung nicht in allen Grundwasserschutzgebieten die erhofften niedrigen Nitratwerte bewirkte. Die Trinkwasserschutzgebiete entwickelten sich sehr unterschiedlich hinsichtlich des Nitratgehaltes des Grundwassers. Diese Sachlage wird in der novellierten Fassung der SchALVO vom 1. März 2001 berücksichtigt, indem die Trinkwasserschutzgebiete in drei Gebietskategorien eingeteilt werden. Die Einteilung der Wasserschutzgebiete richtet sich nach der Höhe des Nitratgehaltes in den Trinkwasserbrunnen, die in Tabelle 4 beschrieben wird.

**Tabelle 4: Gebietskategorien von Wasserschutzgebieten nach der SchALVO**

| Gebietskategorie | Merkmale   | Anteil landwirtschaftlicher Nutzfläche aller Wasserschutzgebiete |
|------------------|--|--|
| Normalgebiet     | bis 35 mg/ Nitrat  | 63 %   |
| Problemgebiet    | Mehr als 35 mg/l Nitrat bzw. mehr als 25 mg/l Nitrat bei gleichzeitig steigender Tendenz | 28 %   |
| Sanierungsgebiet | Mehr als 50 mg/l Nitrat bzw. mehr als 40 mg/l bei gleichzeitig steigender Tendenz        | 9 %  |

Quelle: MLR (2001a)

Jedes Wasserschutzgebiet wird in Abhängigkeit von der Fließdauer in Wasserschutzgebietszonen eingeteilt. In der überarbeiteten Fassung der SchALVO sind für die Gebietskategorie „Normalgebiet“ die Bestimmungen der ursprünglichen Fassung weitestgehend beibehalten worden: In Wasserschutzgebietszone 1 ist nur die absolute Grünlandnutzung mit völligem Verzicht auf Dünge- und Pflanzenschutzmittel erlaubt. In Wasserschutzgebietszone 2 ist die Ausbringung von flüssigen Wirtschaftsdüngern und von Sekundärnährstoffdüngern verboten. Auf Böden der Auswaschungsrisikoklasse A sind zusätzlich die Frischmistausbringung und eine intensive Weide verboten. In den angrenzenden Wasserschutzgebietszonen zwei und drei ist der Grünlandumbruch nicht erlaubt. In der Gebietskategorie „Problem- und Sanierungsgebiet“ wurden die Bestimmungen wesentlich strenger gefasst. Hier wird versucht, durch eine Winterbegrünungspflicht und durch eine Einschränkung des Einsatzes von Wirtschafts- und Sekundärrohstoffdünger die Nitratgehalte im Grundwasser zu senken. Dabei werden nicht nur die Mengen an Wirtschaftsdünger eingeschränkt, sondern auch die Zeiträume, in denen Wirtschaftsdünger auf die Flächen ausgebracht werden darf. Eine weitere Maßnahme ist die Umwandlung

von Ackerflächen in Grünland. Die Entschädigung für die Einschränkungen bei den Landbewirtschaftungsmaßnahmen richtet sich nach den Bewirtschaftungsauflagen. In der novellierten Fassung berechnet sich die Ausgleichszahlung nach den Bewirtschaftungsauflagen in den entsprechenden Betrieben. Für Flächen in Normalgebieten werden keine Ausgleichszahlungen geleistet.

Der Trinkwasserschutz in Bayern wird nicht über eine landesübergreifende Verordnung geregelt. Hier sind sogenannte Kooperationen zwischen den einzelnen Wasserversorgungsunternehmen und den Landbewirtschaftern im Einzugsgebiet der Trinkwasserbrunnen gegründet worden. Die Teilnahme an der Kooperation ist, im Gegensatz zur Baden-Württembergischen Regelung, freiwillig. Im Kooperationsvertrag ist in der Regel ein finanzieller Ausgleich für die wirtschaftlichen Nachteile, die den Landwirten bei einer wasserschonenderen Bewirtschaftung gegenüber einer ordnungsgemäßen Bewirtschaftung entstehen, festgelegt.

Unterstützung erhalten die Kooperationspartner durch das Landwirtschafts- und Umweltministerium mit der Bekanntmachung „Ausgleich für Landwirte und Waldbesitzer in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten“ (BSTMLF, 2003). Die Bekanntmachung erleichtert den Landwirten durch die Angabe von pauschalen Ausgleichssätzen für Bewirtschaftungsauflagen den Nachweis von Einkommensverlusten, welche durch die Einschränkungen entstanden sind. In der Bekanntmachung des Bayerischen Staatsministeriums für Landwirtschaft und Forsten werden im Jahr 2003 die in Tabelle 5 dargestellten Ausgleichssätze vorgeschlagen.

**Tabelle 5: Ausgleichssätze für Landwirte bei 20 %iger Stickstoffreduzierung auf Ackerflächen**

| Standortqualität     | Bodennutzung    |                                   |                                 |
|----------------------|-----------------|-----------------------------------|---------------------------------|
|                      | Getreide + Raps | 33 % Hackfrucht,<br>Rest Getreide | 33 % Silomais,<br>Rest Getreide |
| ungünstiger Standort | 51,13 €/ha      | 117,60 €/ha                       | 76,69 €/ha                      |
| mittlerer Standort   | 75,69 €/ha      | 168,73 €/ha                       | 102,26 €/ha                     |
| günstiger Standort   | 102,26 €/ha     | 219,86 €/ha                       | 127,82 €/ha                     |

Quelle: BSTMLF (2003)

Zusätzlich schlägt das Staatsministerium weitere Ausgleichszahlungen für die Einschränkung der Wirtschaftsdüngerausbringung in Abhängigkeit von Viehbesatz, Flächenanteil im

Schutzgebiet und Bodennutzung vor (LBA, 2002). Als Aufwandsentschädigung für die Einsaat einer Zwischenfrucht werden je nach Anbauverfahren und Verwertung des Aufwuchses zwischen 30 €/ha und 170 €/ha vorgeschlagen. Für weitere Entschädigungsempfehlungen, wozu der Verzicht auf Silomaisanbau oder Anwendungsbeschränkungen für Pflanzenschutzmittel zählen, werden ebenfalls Ausgleichszahlungen empfohlen, von deren Auflistung aufgrund der geringeren Bedeutung abgesehen wird.

In Bayern ist der Anteil von Trinkwasseranlagen mit überhöhten Nitratkonzentrationen geringer als in Baden-Württemberg. Das BAYRISCHE LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT (2001) führte 1999 eine Erhebung über die Nitratkonzentrationen in Trinkwassergewinnungsanlagen durch. In mehr als 80,5 % der 4.043 Anlagen liegt der Nitratgehalt unter 25 mg/l. In weiteren 9,5 % werden zwar erhöhte Nitratgehalte mit bis zu 40 mg/l festgestellt, sie halten aber die Normen für Trinkwasserqualität ein. Lediglich bei 10 % der Anlagen liegt der Nitratgehalt über 40 mg/l.

#### *2.2.2.3 Die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft*

Nicht nur in Trinkwasserschutzgebieten ist die Landwirtschaft verpflichtet, eine gewässerschonende Landbewirtschaftungspraxis einzuhalten. Auch außerhalb der Wasserschutzgebiete verhindern Gesetze und Verordnungen eine zu starke Beeinträchtigung der Gewässerqualität durch die Landwirtschaft. Im Dünge- und Pflanzenschutzrecht sind deshalb wichtige Aspekte der guten fachlichen Praxis in der Landwirtschaft festgelegt.

Die Nitratrichtlinie ist im Jahr 1991 von der Europäischen Union erlassen worden (RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1991). Das Ziel der Nitratrichtlinie ist eine Minderung der Nitratbelastung von Gewässern aus landwirtschaftlichen Quellen. Als Instrument wird eine gezielte Aufklärung der Landwirte über die Nitratproblematik eingesetzt sowie die sogenannte „gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft“ festgelegt (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 1999). Die Verordnung wird in der Bundesrepublik mit der Düngemittelanwendungsverordnung, auch als Düngeverordnung bekannt, umgesetzt (WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DES BML, 1993). Die Düngeverordnung (Stand: 26.02.1996) regelt in § 1 die Anwendung von Düngemitteln auf landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzten Flächen. Die Anwendung von Düngemitteln hat nach § 2 der Düngeverordnung so zu erfolgen, dass die Nährstoffe weitestgehend von Pflanzen

aufgenommen werden und damit Nährstoffeinträge in die Gewässer vermieden werden. In § 3 werden die Grundsätze bei der Ausbringung von Wirtschaftsdünger näher erläutert. Sie sollen unter Beachtung des § 2 verlustarm ausgebracht werden. Ein generelles Ausbringungsverbot von Wirtschaftsdünger ist in der Düngeverordnung zwischen dem 15. November und dem 15. Januar vorgesehen. Ebenso sind Obergrenzen für die Ausbringung von Wirtschaftsdünger aus der Tierhaltung von 210 kg Stickstoff je Hektar auf Grünland bzw. 170 kg Stickstoff je Hektar auf Ackerland festgesetzt. Eine Obergrenze für die Nährstoffe Phosphor und Kalium aus Wirtschaftsdünger tierischer Herkunft besteht nicht. Auf mit Kalium und Phosphat sehr hoch versorgten Böden darf nach § 3 Abs. 6 der Düngeverordnung weiterhin Wirtschaftsdünger ausgebracht werden und zwar bis zur Höhe des Entzuges, sofern keine gewässerschädigenden Wirkungen zu erwarten sind. Dieser Absatz enthält damit eine Ausnahmeregelung für Betriebe mit hohem Viehbesatz, da außer wirtschaftseigenen Düngemitteln keine anderen Düngemittel auf hoch versorgten Böden ausgebracht werden dürfen (BRENK ET AL., 1997). Zusätzlich ist die Aufstellung und die zehnjährige Aufbewahrung von Nährstoffvergleichen für Betriebe mit mehr als 10 ha bzw. 1 ha Sonderkulturen Pflicht. Die Düngeverordnung berücksichtigt in ihrer bisherigen Fassung keine standortspezifischen Erfordernisse, die dem Gewässerschutz dienen. Die fehlende Berücksichtigung der standörtlichen Bedingungen stellt, nach Ansicht des SRU den flächendeckenden Gewässerschutz durch die Düngeverordnung weiterhin in Frage (SRU, 1996).

Das Pflanzenschutzgesetz vom 14. Mai 1998 regelt die Grundsätze, die beim Verkehr sowie bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu beachten sind. Pflanzenschutzmittel dürfen nach § 11 des Pflanzenschutzgesetzes erst nach einer Zulassung durch die Biologische Bundesanstalt ausgebracht werden. Der zuständige Fachbereich ist zwischenzeitlich in die Bundesanstalt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit eingegliedert worden. Pflanzenschutzmittel erhalten nach § 15 des Pflanzenschutzgesetzes eine Zulassung, sofern keine schädlichen Auswirkungen auf das Grundwasser bei sachgemäßer Anwendung auftreten. Die Ausbringung und Anwendung von Pflanzenschutzmitteln hat nach guter fachlicher Praxis zu erfolgen, wobei der Anwender die erforderlichen Kenntnisse nachzuweisen hat, die in der Pflanzenschutz-Sachkundeverordnung weiter spezifiziert sind. Die gute fachliche Praxis bedeutet die Einhaltung der Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes und die Berücksichtigung des Grundwasserschutzes (BML, 1998). Im 5. Abschnitt bzw. in den §§ 24 bis 30 wird eine Prüfung für

Pflanzenschutzgeräte vorgeschrieben und die Anforderungen an die Pflanzenschutzgeräte spezifiziert.

Ein intakter Boden ist fähig, Wasser zu speichern und zu reinigen. Eine Beeinflussung der natürlichen Bodeneigenschaften hat damit immer auch Auswirkungen auf den Wasserhaushalt und die Wasserqualität des Bodenwassers bzw. des Grundwassers. Entsprechend wichtig für den Gewässerschutz sind die Vorgaben von Bewirtschaftungsnormen in dem am 17. März 1999 in Kraft getretenen Bodenschutzgesetz (BML, 1999). § 17 gibt wichtige Grundsätze für die landwirtschaftliche Bodennutzung vor. So sind in Abs. 2 die Erhaltung und die Verbesserung der Bodenstruktur und die Vermeidung von Bodenverdichtungen gefordert. Die Bodenerosion, welche im Bodenschutzgesetz ebenso berücksichtigt wird, soll durch eine standortgemäße Nutzung vermieden werden; wodurch Nährstoffausträge in benachbarte und weiter entfernte Gewässer vermieden werden (BML, 1999).

Die gute fachliche Praxis in der Landwirtschaft ist im Pflanzenschutzgesetz, in der Düngeverordnung und im Bodenschutzgesetz weitestgehend festgelegt. Nach diesen Gesetzen ist die gute fachliche Praxis mit der Einhaltung der Grundsätze der integrierten Pflanzenproduktion weitestgehend erfüllt. Die Diskussion in der Gesellschaft über die gute fachliche Praxis ist bisher noch nicht abgeschlossen. Konsequenterweise ist eine einheitliche Definition des Begriffs bisher noch nicht möglich, da der Begriff immer eine spezifische, dem Sachverhalt entsprechende Auslegung erfordert (WIEDE, 2000).

In der novellierten Fassung des Bundesnaturschutzgesetzes aus dem Jahr 2000 wird der Begriff der guten fachlichen Praxis einer weiteren Spezifizierung unterzogen. Aus dem Gesetzestext lassen sich daraus sechs Punkte ableiten (BWAGRAR, 2000):

- Unterlassung von vermeidbaren Beeinträchtigungen durch landwirtschaftliche Nutzung auf Biotope
- Berücksichtigung der Grundsätze des integrierten Landbaus
- Nachhaltigkeit der Bewirtschaftung
- Verbot von Grünlandumbruch an erosionsgefährdeten Hängen und Überflutungsgebieten
- Ausgewogenes Verhältnis zwischen Tierhaltung und Pflanzenbau
- Schlagspezifische Dokumentation von umweltrelevanten Bewirtschaftungsmaßnahmen

Weitergehende Auffassungen, die lediglich den ökologischen Landbau als Landbewirtschaftung nach guter fachlicher Praxis bezeichnen, existieren ebenfalls (WEINS, 2001). Für die Landwirtschaft hat diese Diskussion eine große Bedeutung. Das Weissbuch der EU-Kommission zum Umweltschutz garantiert den Landwirten, die sich an die gute fachliche Praxis halten, dass keine Haftungsansprüche im Falle einer Umweltschädigung geltend gemacht werden (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, 2000). Das Haftungsprinzip für die Gewässerverschmutzung durch diffuse Quellen wird im Weissbuch der EU-Kommission ebenfalls nicht in Anspruch genommen (AGRA-EUROPE, 2000a).

Dennoch ist die Einhaltung der guten fachlichen Praxis notwendig. Mit der Verabschiedung der EU-Verordnung 1259/99 können die Mitgliedsstaaten für die Betriebe, welche die Ausgleichszulage erhalten oder an Agrarumweltprogrammen teilnehmen, die Einhaltung der guten fachlichen Praxis verpflichtend festlegen (RAT DER EUROPÄISCHEN UNION, 1999). So wird in Bayern und Baden-Württemberg die Einhaltung der guten fachlichen Praxis von landwirtschaftlichen Betrieben gefordert. Die Betriebe werden stichprobenartig kontrolliert und können bei Verstößen mit Bußgeldern belegt oder zur Rückzahlung von Fördermitteln verpflichtet werden (AGRA-EUROPE, 2000b).

Eine Festlegung der guten fachlichen Praxis auf nationaler Ebene auf einem hohen Niveau sichert die Einhaltung hoher Umweltstandards in der Pflanzenproduktion und dient damit den Zielen des Gewässerschutzes. Gleichzeitig sollte aber beachtet werden, dass die Landwirtschaft im europaweiten Wettbewerb steht und für gewässerschutzrelevante Maßnahmen in der Europäischen Union vergleichbare Gesetze herrschen sollten, da es sonst zu Wettbewerbsnachteilen kommen kann (DABBERT ET AL., 1999).

### **2.2.3 Agrarpolitische Rahmenbedingungen**

#### *2.2.3.1 Europäische Agrarpolitik - Agenda 2000*

Bis in das Jahr 1992 wurden im Rahmen der Europäischen Agrarpolitik die Einkommen der Landwirte mit Produktpreisstützungen und Interventionen gesichert. Konsequenterweise ist mit dieser Politik innerhalb der Gemeinschaft eine intensive Landbewirtschaftung unterstützt worden, die negative Auswirkungen auf die Umwelt hatte. Der hohe

Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln wurde in Wasser, Böden und anderen Umweltmedien nachgewiesen. Die Einschränkung der Umweltbelastungen erforderte u. a. eine grundlegende Reform der Agrarpolitik in der Europäischen Gemeinschaft.

In der Agrarreform von 1992 wurde der Abbau der Produktpreisstützung und die Einführung von flächen- und tierbezogenen Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Erzeugnisse beschlossen. Landwirte, die nicht der Kleinerzeugeterregelung unterliegen, sind zur Flächenstilllegung verpflichtet, um Ausgleichszahlungen zu erhalten. Mit der Agenda 2000 wurde der in der Agrarreform 1992 eingeschlagene Weg fortgesetzt, bei dem die Steigerung der Nahrungsmittelproduktion weiter an Bedeutung verliert und statt dessen Rahmenbedingungen für eine umweltverträglichere Landbewirtschaftung geschaffen werden (WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS, 1999). In mehreren Schritten wurden die Interventionspreise für Produkte, weiter gesenkt. Als Ausgleich wurden die Flächenprämien für diese Produkte angehoben. Für Ölsaaten, wurden die Flächenprämien bis auf die Höhe der Getreideprämie abgesenkt.

Auch der Rindfleischmarkt der Europäischen Union wurde im Rahmen der Agenda 2000 einer Reform unterzogen. Ähnlich wie bei den pflanzlichen Erzeugnissen wurden die Preisstützungen gesenkt und als Ausgleich die Tierprämien erhöht. Durch die Bindung der Bullenprämie an eine maximale Viehbesatzdichte von 2 GV/ha pro Hauptfutterfläche wird eine Extensivierung der Produktion angestrebt. Eine Tierbesatzdichte von unter 1,4 GV/ha berechtigt den Landwirt zusätzlich, die Extensivierungsprämie zu beantragen.

Auch in den beschlossenen Reformvorschlägen der Europäischen Kommission zur Weiterentwicklung der Agenda 2000 sind weitere Extensivierungen zu erwarten (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, 2003). So werden die Interventionspreise teilweise unter die aktuellen Weltmarktpreise gesenkt. Es ist zu erwarten, dass die Intervention bei einigen landwirtschaftlichen Produkten nur noch bei Störungen auf dem Weltmarkt greifen wird. Ein weiterer bedeutender Schritt ist die vorgesehene Entkopplung der Prämien von der Produktion (SEGGER, 2004). Das bedeutet die bisherigen Prämienzahlungen werden in Zahlungsansprüche umgewandelt. Für die Aktivierung von Zahlungsansprüchen hat der Landwirt einen Nachweis über die Bewirtschaftung der Fläche zu erbringen. Neu ist, dass für bisher nicht prämienberechtigte Kulturen, wie Zuckerrüben, Kartoffeln, Ackerfutter und Grünland ebenfalls Zahlungsansprüche aktiviert werden

können. Die Zahlungsansprüche betragen für Baden-Württemberg im Jahr 2005 bis 2010 ca. 70 €/ha für Grünland und ca. 300 €/ha für Ackerland. Ebenfalls werden einige Tierprämien, wie z.B. die Sonderprämie für Bullen, die Mutterkuhprämie und die Milchprämie) entkoppelt und auf die Fläche umgelegt. Die entkoppelten Tierprämien werden als betriebsspezifische Zahlungen ebenfalls an die Fläche bis ins Jahr 2009 gebunden. Ab dem Jahr 2010 sollen die Zahlungsansprüche in vier Schritten angeglichen werden. Im Jahr 2014 sind die Zahlungsansprüche angeglichen; in Baden-Württemberg wird dann ein einheitlicher Zahlungsanspruch für Acker- und Grünland in der Höhe von ca. 300 €/ha gelten.

### *2.2.3.2 Agrarumweltprogramme*

Im Rahmen der Agrarreform 1992 ist den Mitgliedsstaaten der Europäischen Union im Rahmen der Verordnung 2078/92 ein Handlungsspielraum für die Honorierung von umweltschonenden und marktentlastenden landwirtschaftlichen Erzeugungspraktiken eröffnet worden (RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN, 1992). Die Agrarumweltprogramme sind durch die Agenda 2000 weiter gestärkt worden. Bei der Ausgestaltung der Agrarumweltprogramme sind unter anderem Maßnahmen in die Programme integriert worden, die zum Schutz der Gewässer beitragen. Zahlreiche Bundesländer fördern gewässerschonende Produktionsverfahren in der Landwirtschaft, wobei die förderfähigen Maßnahmen länderspezifisch geregelt sind. Da sich das Projektgebiet über Bayern und Baden-Württemberg erstreckt, werden die Agrarumweltprogramme dieser Länder in Bezug auf den Gewässerschutz vorgestellt und erörtert.

Die Verordnung 2078/92 ist in Baden-Württemberg mit dem Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsprogramm (MEKA) umgesetzt worden, das im Jahr 2000 auf der Grundlage der Verordnung 1257/99 überarbeitet wurde. Das Agrarumweltprogramm leistet in Baden-Württemberg einen wichtigen Beitrag zum flächendeckenden Gewässerschutz, da in diesem Programm auch der freiwillige Gewässerschutz der Landwirtschaft außerhalb von Wasserschutzgebieten honoriert wird (MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR, 1999). In der folgenden Tabelle werden aus dem Förderprogramm die Maßnahmen, die dem Gewässerschutz dienen, aufgelistet und hinsichtlich ihres Beitrages zum Gewässerschutz bewertet.

**Tabelle 6: MEKA-Maßnahmen in Baden-Württemberg mit positiver Wirkung auf den Gewässerschutz**

| Maßnahmen / Ziele  | Minderung des Nitrataustrages in Grundwasser | Reduktion des Nährstoffeintrages in Oberflächengewässer |
|--|--|---|
| Umweltbewusstes Betriebsmanagement   | ++   | ++  |
| Extensive Grünlandnutzung  | ++   | +   |
| Verzicht auf chemisch- synthetische Pflanzenschutz- und Düngemittel          | ++   | ++  |
| Einführung oder Beibehaltung ökologischer Anbauverfahren                     | ++   | ++  |
| Verzicht auf Wachstumsregulatoren bei Weizen, Roggen und Triticale           | +  | +   |
| Verringerung der bedarfsgerechten Stickstoffdüngung um 20%                   | +  | +   |
| Begrünungsmaßnahmen im Ackerbau und bei Dauerkulturen                        | ++   | ++  |
| Mulchsaat  | +  | ++  |
| Anwendung biologischer und biotechnischer Verfahren der Schädlingsbekämpfung | +  | +   |

(Bewertung: + Maßnahme fördert das Ziel, ++ Maßnahme fördert das Ziel besonders)

Quelle: MLR (2001b)

Der Maßnahmenbereich „umweltbewusstes Betriebsmanagement“ beinhaltet förderungsfähige Maßnahmen, die Landwirte für die Nährstoffvorräte im Boden sowie für die Nährstoffgehalte von Wirtschaftsdünger sensibilisieren sollen. Die Honorierung von nützlicherschonenden Pflanzenschutzverfahren und die finanzielle Förderung für Überwachungsmethoden von Schadorganismen sollen den vorbeugenden Einsatz von Pflanzenschutzmitteln vermindern sowie den Einsatz alternativer Pflanzenschutzverfahren fördern und damit die potentielle Gewässergefährdung durch den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln einschränken. Im Ackerbau werden verschiedene Extensivierungsmaßnahmen gefördert. Hierzu zählen vor allem die Reduzierung der Intensität, z.B. in Form von völligem Verzicht auf chemische Pflanzenschutzmittel. Die Mulchsaat als Erosionsschutzmaßnahme wird ebenfalls gefördert.

In der Tabelle 7 ist der Umfang der Akzeptanz von Landwirten an den gewässerschonenden Maßnahmen des MEKA I im Jahre 1998 mit dem Jahr 2003 miteinander verglichen. Zu beachten ist allerdings, dass manche Programmpunkte nicht gemeinsam

beantragt werden können. Das bedeutet, dass die Prämien für bestimmte Maßnahmen nicht kumuliert werden können.

**Tabelle 7: Akzeptanz von Gewässerschutzmaßnahmen, die im MEKA gefördert werden**

| Maßnahme  | Antragsjahr 1998<br>MEKA I |                       | Antragsjahr 2003<br>MEKA II |                       |
|---|----------------------------|-----------------------|-----------------------------|-----------------------|
|   | Umfang                     | Förderungs-<br>betrag | Umfang                      | Förderungs-<br>betrag |
| Völliger Verzicht auf chemisch-synthetische Produktionsmittel | 49.400 ha                  | 4.041.000 €           | 52.000 ha                   | 4.160.000 €           |
| Einführung Öko-Verfahren Acker-/Grünland                      | 22.400 ha                  | 2.978.000 €           | --                          | --                    |
| Beibehaltung Öko-Verfahren Acker-/Grünland                    | 22.600 ha                  | 2.311.000 €           | --                          | --                    |
| Einführung Öko-Verfahren Dauerkulturen                        | 460 ha                     | 282.000 €             | --                          | --                    |
| Beibehaltung Öko-Verfahren Dauerkulturen                      | 430 ha                     | 220.000 €             | --                          | --                    |
| Einführung/Beibehaltung Öko-Verfahren Acker                   | --                         | --                    | 19.000 ha                   | 3.230.000 €           |
| Einführung/Beibehaltung Öko-Verfahren Grünland                | --                         | --                    | 31.000 ha                   | 4.030.000 €           |
| Einführung/Beibehaltung Öko-Verfahren Gartenbau               | --                         | --                    | 1.000 ha                    | 500.000 €             |
| Einführung/Beibehaltung Öko-Verfahren Dauerkulturen           | --                         | --                    | 1.000 ha                    | 600.000 €             |
| Verzicht auf Wachstumsregler beim Weizen                      | 106.800 ha                 | 10.921.000 €          | 120.000 ha                  | 12.000.000 €          |
| Verzicht auf Wachstumsregler beim Roggen                      | 8.900 ha                   | 546.000 €             | 10.000 ha                   | 600.000 €             |
| Verringerung der N-Düngung um 20 %                            | --                         | --                    | 110.000 ha                  | 7.700.000 €           |
| Herbstbegrünung nach MEKA I                                   | 151.000 ha                 | 10.809.000 €          | --                          | --                    |
| Herbstbegrünung nach MEKA II                                  | --                         | --                    | 200.000 ha                  | 18.000.000 €          |
| Winterbegrünung   | --                         | --                    | 60.000 ha                   | 6.600.000 €           |
| Mulchsaat   | 85.000 ha                  | 5.215.000 €           | 110.000 ha                  | 6.600.000 €           |
| Herbizidverzicht  | 16.100 ha                  | 823.000 €             | --                          | --                    |
| Ganzflächiger Herbizidverzicht bei Dauerkulturen / Gartenbau  | --                         | --                    | 6.000 ha                    | 1.020.000 €           |
| Ganzflächiger Herbizidverzicht im Ackerbau                    | --                         | --                    | 20.000 ha                   | 1.400.000 €           |
| Bandbehandlung Acker-/Gartenbau/Dauerkulturen                 | --                         | --                    | 15.000 ha                   | 1.400.000 €           |
| Punktbehandlung bei Dauerkulturen                             | --                         | --                    | 5.000 ha                    | 500.000 €             |

-- Maßnahmen werden im entsprechendem Jahr noch nicht oder nicht mehr angeboten

Quelle: MLR (2001b)

Insgesamt zeigen die Landwirte eine sehr unterschiedliche Teilnahmebereitschaft an den einzelnen Maßnahmen. Positiv ist, dass alle Maßnahmen im Jahr 2003 gegenüber dem Antragsjahr 1998 ausgedehnt wurden. Völliger Verzicht auf chemisch-synthetische Produktionsmittel wie Pflanzenschutz- und Düngemittel ist nur im Gartenbau verbreitet. Eine hohe Teilnahmebereitschaft zeigen die landwirtschaftlichen Betriebe bei der Begrünung. Damit macht der Erosionsschutz in der Landwirtschaft deutliche Fortschritte, wobei eine Winterbegrünung, die erst im Frühjahr eingearbeitet wird, einer Herbstbegrünung vorzuziehen ist.

Die Grünlandbewirtschaftung wird im novellierten MEKA II wesentlich besser gefördert. Insgesamt ist dies für den Wasserschutz positiv zu bewerten, weil die Gefahr des Nährstoff- oder Pflanzenschutzmitteleintrages in Gewässer von Grünlandflächen niedriger einzuschätzen ist.

Bayern fördert bereits seit dem Wirtschaftsjahr 1989/90 eine extensive Bewirtschaftung im Rahmen des Extensivierungsprogramms. Das Programm ist inzwischen in das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm (KULAP) integriert. Das Kulturlandschaftsprogramm ist in drei Teile A, B und C gegliedert. Teil A des Kulturlandschaftsprogramms fördert unter anderem gewässerschonende Landbewirtschaftungsmaßnahmen (BSTMLF, 2001). Über die förderfähigen gewässerschonenden Landbewirtschaftungsmaßnahmen gibt die Tabelle 8 einen Überblick.

**Tabelle 8: Gewässerschonende Landwirtschaftsmaßnahmen, die in Bayern nach dem KULAP (Teil A) im Jahr 1999 gefördert wurden**

| Maßnahmen  | Vertragsfläche      | Fördervolumen        |
|--|---------------------|----------------------|
| 1. Gesamtbetriebliche Maßnahmen                                  |                     |                      |
| Ökologischer Landbau   | 66.600 ha           | 14.864.300 €         |
| 2. Extensive Acker-/ Dauergrünlandnutzung (betriebszweigbezogen) |                     |                      |
| 2.1 Extensive Fruchtfolge  | 254.800 ha          | 22.013.900 €         |
| 2.2 Extensive Dauergrünlandnutzung                               |                     |                      |
| Stufe a  | 455.000 ha          | 47.675.000 €         |
| Stufe b  | 197.300 ha          | 40.843.500 €         |
| 3. Extensive Acker-/ Grünlandnutzung (einzelflächenbezogen)      |                     |                      |
| 3.1 Extensivierung von Wiesen                                    |                     |                      |
| Stufe 1  | 25.300 ha           | 5.364.000 €          |
| Stufe 2  | 8.700 ha            | 2.554.000 €          |
| 3.2 Verzicht auf Düngung und Pflanzenschutz                      | 400 ha              | 102.100 €            |
| 3.3 Mulchsaatverfahren bei Reihenkulturen                        | 43.000 ha           | 4.405.800 €          |
| 4. Besondere Bewirtschaftung zum Wasserschutz                    |                     |                      |
| 4.1 Sonstige regionale Maßnahmen                                 |                     |                      |
| Gewässerschonende Landwirtschaft                                 | 300 ha              | 112.800 €            |
| 4.2 Bereitstellung von Flächen für ökolog. Zwecke                |                     |                      |
| Ackerland  | 70 ha               | 24.400 €             |
| Grünland   | 20 ha               | 7.000 €              |
| <b>Gesamtsumme</b>   | <b>1.046.000 ha</b> | <b>137.966.800 €</b> |

Quelle: BSTMLF (2000) und eigene Berechnungen

Als Fazit bleibt festzuhalten, dass das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm nur wenige Maßnahmen für einen flächendeckenden Gewässerschutz anbietet. Die angebotenen Maßnahmen, die dem Wasserschutz dienen, werden kaum in Anspruch genommen. Lediglich im Programmpunkt „Extensives Grünland“ ist die Teilnahmebereitschaft bei den Landwirten sehr ausgeprägt, wobei es sich wahrscheinlich häufig um Mitnahmeeffekte handelt. Damit ist das Bayerische Kulturlandschaftsprogramm mit dem aktuellen Maßnahmenkatalog kaum in der Lage, die Ziele des Gewässerschutzes zu erfüllen. Konsequenterweise fordert KÜBLER daher, im KULAP stärker den Gewässerschutz zu fokussieren sowie eine räumlich differenziertere Anpassung des Programms anzustreben, um einen effizienten Mitteleinsatz erreichen zu können (KÜBLER, 1997).

Der Anbau von Zwischenfrüchten zur Begrünung wird zurzeit in Bayern nicht gefördert. In Bayern ist bis zum Jahr 1995 der Bau von Wirtschaftsdüngerlagern gefördert worden. Während der Laufzeit des Förderprogramms ist in über 40.000 landwirtschaftlichen Betrieben der Bau von Lagerstätten unterstützt worden. Damit ist aus der Sicht der Landesregierung das Ziel erreicht, eine bedarfsgerechte und damit umweltverträgliche Gülleausbringung zu ermöglichen. Entsprechend ist das Förderprogramm im Jahr 1995 eingestellt worden (BSTMLF, 1998).

### 3 Datengrundlage und Konzeption des Agrarsektormodells

Im ersten Teil des Kapitels wird, nachdem das Untersuchungsgebiet charakterisiert ist, das Konzept des agrarökonomischen Modells vorgestellt. Der zweite Teil des Kapitels widmet sich den Methoden der Modellierung. Hierbei werden unter der Berücksichtigung der Anforderungen an das ökonomische Modell die zweckmäßigen methodischen Komponenten des Modells abgeleitet.

#### **3.1 Beschreibung der Datengrundlage**

Für die Beschreibung des Agrarsektors sind umfangreiche Daten erforderlich. Eine vollständige Erfassung der landwirtschaftlichen Betriebe im Untersuchungsgebiet ist aus zeitlichen und finanziellen Gründen nicht durchführbar. Stattdessen wird auf sekundärstatistische Datenquellen zurückgegriffen. Sekundärstatistische Daten sind aber auch mit Problemen behaftet, die bei einer sachgemäßen Verwendung und Verwertung dieser Datensätze immer zu berücksichtigen sind (HENZE, 1994). Häufig auftretende Probleme bei der Verwendung von sekundärstatistischen Datenquellen sind unter anderem:

- Aktualität der Daten
- Qualität der Daten
- unbekannte Erhebungsmethoden
- unvollständige oder unzureichende Erhebungen

Die Datenbasis für die Untersuchung wird aus den Veröffentlichungen verschiedener Institutionen und durch mündliche und schriftliche Befragungen geschaffen. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Herkunft der Daten und den daraus gewonnenen Informationen:

**Tabelle 9: Datenerhebungsbehörden, Veröffentlichungen und deren Informationen**

| Behörde   | Informationsquelle   | Gewonnene Informationen  |
|---|--|--|
| Statistische Landesämter  | Bodennutzungshaupterhebung<br>Viehzählung<br>Ertragserhebung | Anbauumfang der Feldfrüchte<br>Umfang der Tierhaltung<br>Erträge landwirtschaftlicher Kulturen |
| Ministerium Ländlicher Raum in Baden-Württemberg                        | Daten über die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen            | Grünlandnutzungsintensitäten   |
| Bayerisches Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten | Daten über die Teilnahme an Agrarumweltprogrammen            | Grünlandnutzungsintensitäten   |
| KTBL  | Taschenbuch Landwirtschaft<br>Datensammlung Landwirtschaft   | variable Maschinenkosten   |
| Landwirtschaftsämter im Untersuchungsgebiet                             | Bedienstete  | Informationen über Anbauintensitäten in den Gemeinden der Dienstbezirke                        |

Quelle: eigene Zusammenstellung (2003)

Die Datenerhebungen der Statistischen Landesämter erfolgen nach dem Agrarstatistikgesetz, in dem alle zu erhebenden Daten und die Erhebungsregeln festgelegt sind. Da aufgrund des Datenschutzgesetzes keine Daten veröffentlicht werden dürfen, die Rückschlüsse auf einzelne Betriebe erlauben, werden die Daten auf Gemeinde- bzw. Landkreisebene aggregiert veröffentlicht. Die Zuordnung der landwirtschaftlichen Nutzflächen erfolgt dabei nach dem Betriebsstandort und nicht nach der Gemeindezugehörigkeit der Flächen. Die Daten liefern Informationen über den Umfang der Tierhaltung und der Pflanzenproduktion sowie über die Erträge in der Pflanzenproduktion.

Die Daten für Baden-Württemberg sind auf den Internetseiten des Statistischen Landesamtes in der Regionaldatenbank abgerufen worden. Ergänzt wurden die Daten für Baden-Württemberg durch Auswertungen diverser Schriftenreihen des Statistischen Landesamtes. Für die Datengrundlage auf Gemeinde- und Kreisebene für den bayerischen Teil des Untersuchungsgebietes ist eine Auftragsabfrage an das Statistische Landesamt in Bayern erteilt worden. Als Referenzjahr für die Datengrundlage wurde das Jahr 1995 festgelegt, da dieses Jahr die aktuellste und vollständig ausgewertete landwirtschaftliche Vollerhebung zu Projektbeginn bot. Außerdem ist die Veröffentlichung der aktuellen landwirtschaftlichen Vollerhebung des Jahres 1999 erst im Jahr 2002 erfolgt. Für die Modellvalidierung hat die Verwendung des Jahres 1995 als Referenzjahr einen entschei-

denden Vorteil; mit der Landwirtschaftszählung 1999 konnte die Prognoseeigenschaft des Modells anhand einer Ex-Post-Prognose überprüft werden.

Für die Definition der Produktionsverfahren wurden noch weitere Daten und Informationen benötigt, die Auskunft über den Faktoreinsatz geben. Hierfür wird auf einschlägige betriebswirtschaftliche Kalkulationsunterlagen zurückgegriffen.

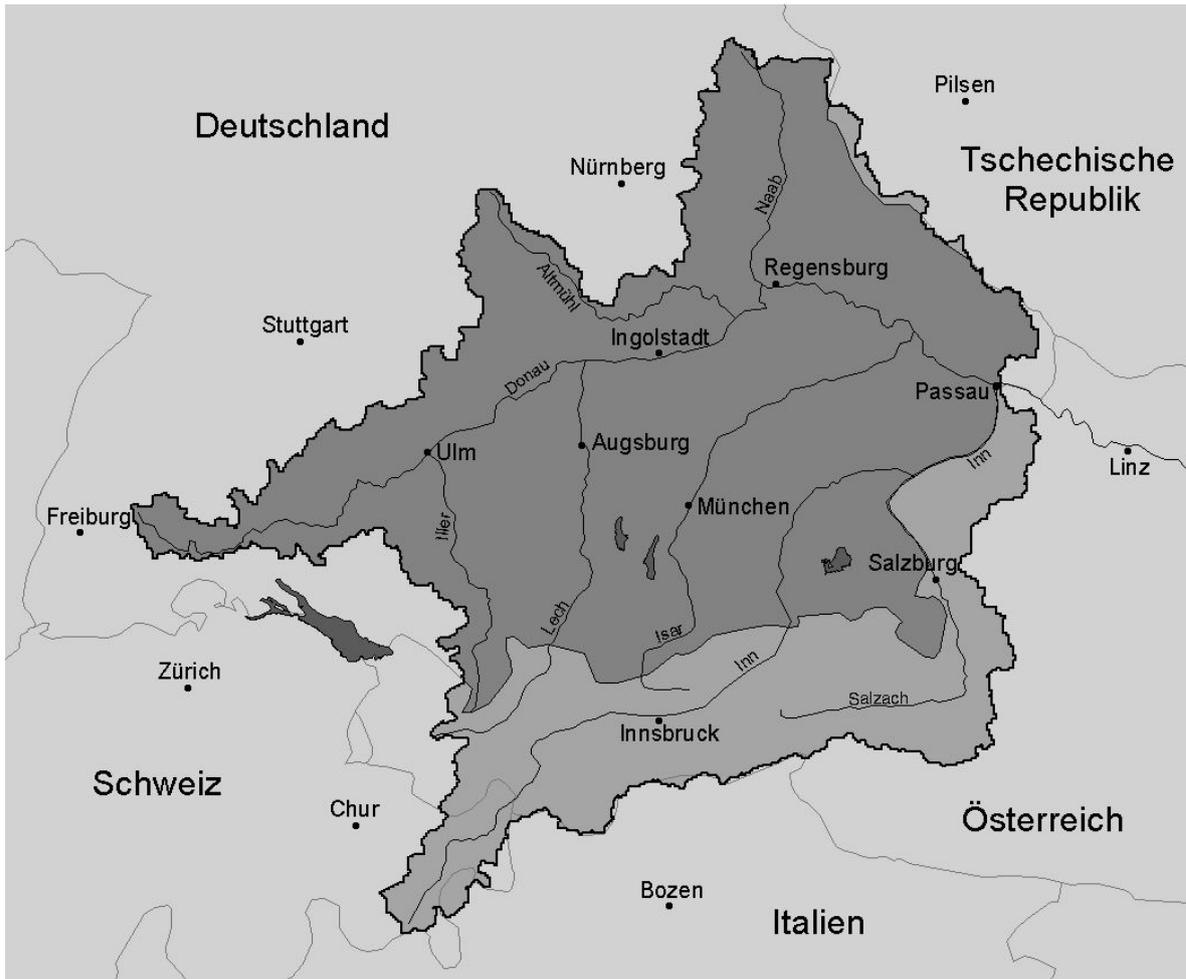
Die Datengrundlagen der Erhebungsbehörden sind in der Regel von hoher Qualität. Die Erhebungsmethoden sind bei allen Organisationen gut dokumentiert, womit eine unsachgemäße Erhebung durch die Erfahrungen dieser Behörden nahezu ausgeschlossen werden kann. Mit dieser umfangreichen Datengrundlage konnte eine geeignete und hochwertige Datenbasis für diese Untersuchung generiert werden.

## **3.2 Beschreibung des Projektgebietes**

### ***3.2.1 Lage des Untersuchungsgebietes***

#### *3.2.1.1 Klimatische und natürliche Standortbedingungen*

Die Donau ist mit einem Einzugsgebiet von über 817.000 km<sup>2</sup> eine der bedeutendsten Flüsse in Europa. Für die Untersuchung und Modellierung wird das Einzugsgebiet des Oberlaufes der Donau bis zum Pegel Achleiten unterhalb von Passau herangezogen. Das Einzugsgebiet der Oberen Donau erstreckt sich über fünf Staaten. Deutschland hat mit einem Einzugsgebiet von 56.000 km<sup>2</sup> den größten Anteil, gefolgt von Österreich mit etwa 20.000 km<sup>2</sup>. Im Hoheitsgebiet der drei verbleibenden Staaten Tschechische Republik, Schweiz und Italien liegen nur geringe Teile des Einzugsgebiets der Oberen Donau. Das Projektgebiet umfasst daher nur die Länder Deutschland und Österreich. Trotzdem werden insgesamt etwa 77.000 km<sup>2</sup> erfasst, was über 95 % des Einzugsgebietes der Oberen Donau entspricht. Die wirtschafts- und sozialwissenschaftliche Bearbeitung des Projektgebietes ist auf das deutsche Hoheitsgebiet begrenzt, wovon ca. 16 % in Baden-Württemberg liegen. Der Hauptanteil des Untersuchungsgebietes mit einem Flächenanteil von 84 % ist dem Bundesland Bayern zugeordnet. Die topographische Karte zeigt das bearbeitete Gebiet.

**Karte 1: Einzugsgebiet der Oberen Donau**

Quelle: verändert nach Diercke (1992)

Die Quelle der Donau befindet sich am Rande der geographischen Erhebung des Schwarzwaldes in Baden-Württemberg. Dort wird sie von den unterirdischen Karstgrundwässern der Schwäbischen Alb gespeist und verläuft anschließend durch das bayerische Tertiär-Hügelland und das bayrische Gäugebiet. Die Alpen sind nicht nur ein wichtiges Zuflussgebiet der Donau, sie begrenzen auch das Einzugsgebiet nach Süden. Die nördliche Einzugsgebietsgrenze befindet sich zwischen dem nordbayerischen Hügelland und den fränkischen Platten im Raum Ansbach. Weiter östlich befindet sich die Wasserscheide zum Main, was in der obigen Abbildung an der Einbuchtung des abgegrenzten Untersuchungsraums um Nürnberg ersichtlich wird. Damit liegt der bayerische Jura sowohl im Einzugsgebiet des Rheins als auch im Einzugsgebiet der Donau. Der westliche Teil des Jura befindet sich im Einzugsgebiet des Mains, während die östlichen Teile mit dem Nebenfluss Naab die Donau speisen. Eine echte Trennung der beiden Flusseinzugsgebiete besteht seit dem Bau des Rhein-Main-Donaukanals nicht mehr. Das Einzugsgebiet wird im

östlichen Teil von den ostbayerischen Mittelgebirgen begrenzt. Der Oberflächenabfluss wird im Nebenfluss Regen der Donau zugeführt.

Die naturräumlichen Bedingungen des Donaueinzugsgebietes weisen eine große Heterogenität auf, was vorrangig auf die unterschiedlichen Höhenlagen zurückzuführen ist (MAUSER, 2000): Der Pegel in Passau befindet sich auf 286 m.ü.NN, die höchste Erhebung liegt in den Alpen und ist mit 3600 m.ü.NN über 3300 m höher als der Pegel Passau, was sich auch in den Klimadaten widerspiegelt. Die jährliche Durchschnittstemperatur liegt zwischen - 4,8 °C und 9 °C. Auch der Niederschlag mit 650 mm/m<sup>2</sup> bis über 2000 mm/m<sup>2</sup> weist auf eine Heterogenität des Klimas hin. Entsprechend unterschiedlich ist der jährliche Wasserabfluss pro Quadratmeter, der sich zwischen 150 mm/m<sup>2</sup> und 1600 mm/m<sup>2</sup> bewegt.

### *3.2.1.2 Wasser als Wirtschaftsfaktor im Donaauraum*

Im Einzugsgebiet der Donau spielt die Trinkwassergewinnung in bestimmten Regionen eine wichtige Rolle. Trinkwasser wird sowohl aus Oberflächengewässern als auch aus dem Grundwasser gewonnen. Entlang der Donau befinden sich zahlreiche Wasserwerke, die aus der Donau Wasser entnehmen und zu Trinkwasser aufbereiten.

Die Grundwasserförderung wird besonders intensiv im Donauried, an der Landesgrenze zwischen Baden-Württemberg und Bayern, im Umland von Ulm sowie im Donaumoos bei Ingolstadt durchgeführt. Mit dem Wasser werden nicht nur die 9,1 Millionen Einwohner des Donaueinzugsgebietes mit Trinkwasser versorgt, sondern es werden auch über Fernleitungen andere Regionen versorgt. Ein Teil des gewonnenen Trinkwassers gelangt so über Fernleitungen in das Einzugsgebiet des mittleren Neckarraumes. Die Trinkwasserfördereinrichtungen der Landeswasserversorgung im Donauried fördern über ein Drittel des Trinkwasserbedarfes von Nord-Ost-Württemberg (REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN, 2001). Das Versorgungsgebiet der Fernwasserversorgung erstreckt sich von Ulm westlich bis nach Stuttgart und in nördlicher Richtung bis kurz vor Tauberbischofsheim (LANDESWASSERVERSORGUNG, 2002). Die Fernwasserversorgung ist in Baden-Württemberg notwendig, da aufgrund der hydrologischen Eigenschaften und der Niederschlagsverteilung Wasserarmut in vielen Landesteilen herrscht (LANDESWASSERVERSORGUNG, 2002).

Die Wassernachfrage je Bewohner des Donaueinzugsgebietes beträgt über 200 Liter pro Tag, während im Durchschnitt in der Bundesrepublik eine Menge von 140 Litern pro Tag und Einwohner verbraucht wird. Die hohe Wassernachfrage ist auf den Wasserexport außerhalb des Einzugsgebietes zurückzuführen. Prognosen zufolge rechnet man durch den Einsatz von wassersparenden Techniken mit einer verminderten Wassernachfrage. Die Trinkwasserversorgung soll trotz der Bevölkerungszunahme in den Ballungsräumen bewältigt werden können. Die Tabelle 10 gibt über die aktuelle Wassernachfrage und den prognostizierten Wasserverbrauch für das Jahr 2020 einen Überblick.

**Tabelle 10: Wassernachfrage aus dem Donaueinzugsgebiet**

| Jahr | Bevölkerung | Trinkwasser-<br>nachfrage  | Pro-Kopf Tagesnachfrage <sup>1</sup> |                |
|------|-------------|----------------------------|--------------------------------------|----------------|
|      |             |                            | im Donaueinzugsgebiet                | in Deutschland |
| 1997 | 9,1 Mio.    | 750 Mio. m <sup>3</sup> /a | 230 Liter                            | 146 Liter      |
| 2020 | 9,2 Mio.    | 667 Mio. m <sup>3</sup> /a | 200 Liter                            | 135 Liter      |

<sup>1</sup>Einschließlich Tourismus und Verluste

Quelle: Wanninger (1999), eigene Darstellung

Wasser wird sowohl aus dem Grundwasser als auch aus den Oberflächengewässern entnommen. Das geförderte Rohwasser aus dem Flusssystem der Donau wird als Trink-, Industrie- und Kühlwasser eingesetzt. Bemerkenswert ist der hohe Kühlwasserbedarf, der über 90 % des geförderten Rohwassers ausmacht. Die restliche Wassermenge wird zu großem Teil für die Industrie verwendet. Nur 2 % des geförderten Oberflächenwassers wird als Trinkwasser verwertet. Die Tabelle 11 besagt auch, dass bis 2020 geplant ist, die Rohwasserförderung für Kühlwasser einzustellen.

**Tabelle 11: Gefördertes Oberflächenwasser vom Donaueinzugsgebiet in Deutschland**

| Jahr | Trinkwasser               | Industrie                  | Kühlwasser                   |
|------|---------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 1997 | 34 Mio. m <sup>3</sup> /a | 130 Mio. m <sup>3</sup> /a | 1.512 Mio. m <sup>3</sup> /a |
| 2020 | 42 Mio. m <sup>3</sup> /a | 130 Mio. m <sup>3</sup> /a | 0 Mio. m <sup>3</sup> /a     |

Quelle: Wanninger (1999), eigene Darstellung

Die Trinkwassernachfrage beträgt 750 Mio. m<sup>3</sup>/a, wovon nur 34 Mio. m<sup>3</sup>/a aus Oberflächengewässern gewonnen werden. Entsprechend müssen über 700 Mio. m<sup>3</sup>/a Trinkwasser aus dem Grundwasser gewonnen werden, um die Nachfrage zu befriedigen. Diese Menge entspricht einer durchschnittlichen Wasserentnahme von ca. 9 mm/a über das

gesamte Projektgebiet. Die potentielle Sickerwasserhöhe pro Quadratmeter schwankt im Untersuchungsgebiet zwischen 50 mm/a bis über 600 mm/a (WENDLAND ET AL., 1993). Im Durchschnitt überschreitet die potentielle Sickerwassermenge die Trinkwasserentnahme aus dem Grundwasser mehrfach. Es bleibt festzuhalten, dass im Untersuchungsgebiet keine Wasserknappheit, was die Quantität des Grundwassers betrifft, aktuell festzustellen ist.

Regional treten Probleme mit der Trinkwasserqualität des geförderten Grundwassers auf, weshalb das Trinkwasser in manchen Gebieten ein knappes Gut ist (BR-ONLINE, 2003; SCHNAPPAUF, 2004). Mit der zu erwartenden Klimaerwärmung ist zukünftig mit einer Verschärfung der Nutzungskonflikte zu rechnen. Zum einen ist die Frage zu stellen, ob auch zukünftig das Wasser in Trinkwasserqualität im bisherigen Umfang zur Verfügung steht. Ebenso kann die Frage nicht beantwortet werden, ob ein nachhaltiger Wasserexport auch in Zukunft im bisherigen Umfang aufrecht erhalten werden kann. Regional werden vor allem Konflikte um die Trinkwasserqualität erwartet und überregional gewinnen die Aspekte der Verteilung mehr an Bedeutung (SCHNAPPAUF, 2004). Für die Bearbeitung dieser Fragestellungen wird das Decision-Support-System Glowa-Danubia entwickelt. Das Informationssystem soll einen wichtigen Beitrag für Fragestellungen, die sich mit einer nachhaltigen Wasserbewirtschaftung beschäftigen, leisten.

### **3.2.2 *Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet***

#### *3.2.2.1 Sozioökonomische Strukturdaten der Landwirtschaft*

Landwirtschaftliche Nutzung wird auf 28.000 km<sup>2</sup>, was mehr als 50 % der Fläche des Donaeinzugsgebietes entspricht, in fast allen Regionen des Flusseinzugsgebietes betrieben. Die Größe des Einzugsgebietes lässt Rückschlüsse auf die Bedeutung der Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet zu. So liegen über 18 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche Deutschlands im Donaeinzugsgebiet, wobei das Grünland im Projektgebiet leicht überrepräsentiert ist. Ebenso spielt die Tierhaltung eine wichtige Rolle. Über 25 % der deutschen Rinder werden im Einzugsgebiet der Donau gehalten. Die Schweinehaltung ist weniger verbreitet. Die folgende Tabelle vergleicht die Strukturdaten der Landwirtschaft des Projektgebietes mit den Daten für ganz Deutschland.

**Tabelle 12: Vergleich der landwirtschaftlichen Strukturdaten des Projektgebietes und von Deutschland**

|                                | Untersuchungsgebiet | Deutschland   | % von Deutschland |
|--------------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| Landwirtschaftliche Nutzfläche | 3.201.600 ha        | 17.344.000 ha | 18,5 %            |
| ... davon Ackerland            | 1.928.800 ha        | 11.835.000 ha | 16,3 %            |
| ... davon Grünland             | 1.272.800 ha        | 5.509.000 ha  | 23,1 %            |
| Tiere                          |                     |               |                   |
| Rinder                         | 4.421.500           | 15.890.000    | 27,8 %            |
| Schweine                       | 2.443.000           | 23.737.000    | 10,3 %            |
| Zahl der Betriebe              | 153.500             | 551.900       | 27,8 %            |
| ...davon Haupterwerbsbetriebe  | 66.100              | 228.100       | 29,0 %            |
| ...davon Nebenerwerbsbetriebe  | 87.400              | 323.800       | 27,0 %            |

Quelle: Statistisches Landesamt Bayern (2001) und eigene Berechnungen

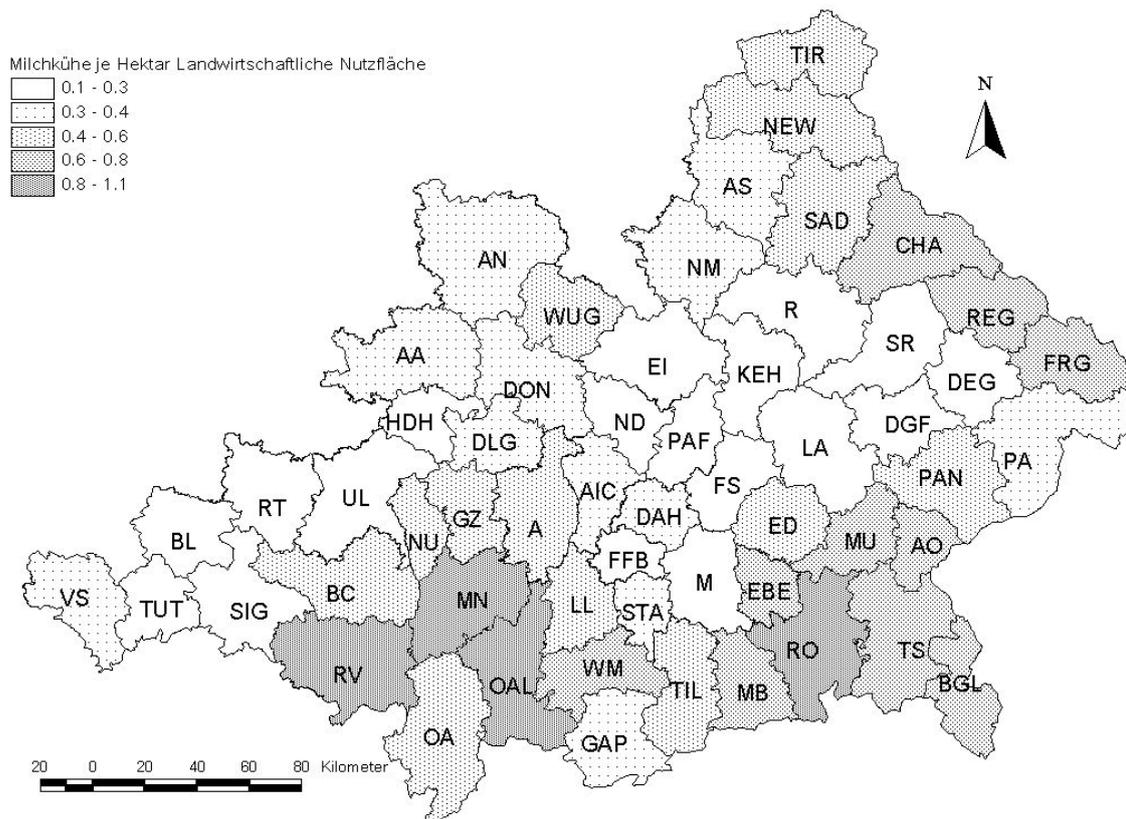
Im Untersuchungsgebiet befinden sich über 27 % der landwirtschaftlichen Betriebe Deutschlands. Der Anteil der Haupterwerbsbetriebe im Untersuchungsgebiet liegt mit 43 % etwas über dem Bundesdurchschnitt. Der Anteil der Nebenerwerbsbetriebe ist großen regionalen Schwankungen unterworfen; so werden in den einzelnen Landkreisen zwischen 29 % und 88 % der Betriebe im Nebenerwerb bewirtschaftet. Die durchschnittliche Betriebsgröße im Untersuchungsgebiet ist mit fast 21 Hektar deutlich kleiner als im Bundesdurchschnitt. Trotz der kleinstrukturierten Landwirtschaft werden fast 2/3 der landwirtschaftlichen Nutzfläche des Untersuchungsgebietes von Betrieben mit über 30 Hektar bewirtschaftet.

### 3.2.2.2 Landnutzung und Tierhaltung im Untersuchungsgebiet

Die große Variationsbreite des Klimas hat Auswirkungen auf die Landnutzung. Im Donaueinzugsgebiet sind sowohl sehr extensiv bewirtschaftete Grünlandflächen als auch intensive Ackerbaugebiete mit hohem Anteil an Sonderkulturen zu finden. Eine Grobgliederung der landwirtschaftlichen Nutzung im Einzugsgebiet kann anhand der Agrargebiete vorgenommen werden. In den Alpen und im Alpenvorland dominiert die Grünlandnutzung mit einer umfangreichen Rinderhaltung. Der Ackerbau spielt in diesen Gebieten eine untergeordnete Rolle. Auf den Ackerflächen werden vorrangig Getreide und

Feldfutter für Rinder produziert. Der Anteil der landwirtschaftlichen Nutzfläche nimmt in nördlicher Richtung zu. Der Grünlandanteil sinkt und die Rinderhaltung, die im Alpengebiet und Voralpengebiet vorrangig als Milchviehhaltung verbreitet ist, wird durch Rindermastbetriebe abgelöst. Da die Rindermast in diesen Gebieten auf der Futtergrundlage von Silomais erfolgt, vergrößert sich der Ackerlandanteil in diesen Gebieten. Mit zunehmendem Ackerlandanteil im Tertiärhügelland spielt die Schweinehaltung eine immer bedeutendere Rolle. Besonders intensiv sind Ackerbau und Schweinehaltung entlang der Isar ab München bis nach Passau. Im Landkreis Passau befindet sich mit 349 Schweinen pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche die höchste Schweinedichte in Bayern. Nördlich der Donau verschlechtern sich die agronomischen Standorteigenschaften wieder. Im Ostbayerischen Mittelgebirge entlang der Grenze zu Tschechien mit ungünstigeren Klima- und Bodenverhältnisse dominiert die Grünlandwirtschaft mit Rinderhaltung. In dieser Region ist die Rinderhaltung deutlich weniger spezialisiert als im Alpenraum.

Die Spezialisierung in der Tierhaltung kann sehr deutlich aus den Strukturdaten der einzelnen Landkreise abgeleitet werden. Der Umfang der Tierbestände variiert zwischen den Landkreisen erheblich. Exemplarisch ist in der folgenden Karte die durchschnittliche Anzahl der Milchkühe pro Landkreis dargestellt.

**Karte 2: Besatzdichte von Milchkühen je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche**

Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000) und eigene Berechnung (2003)

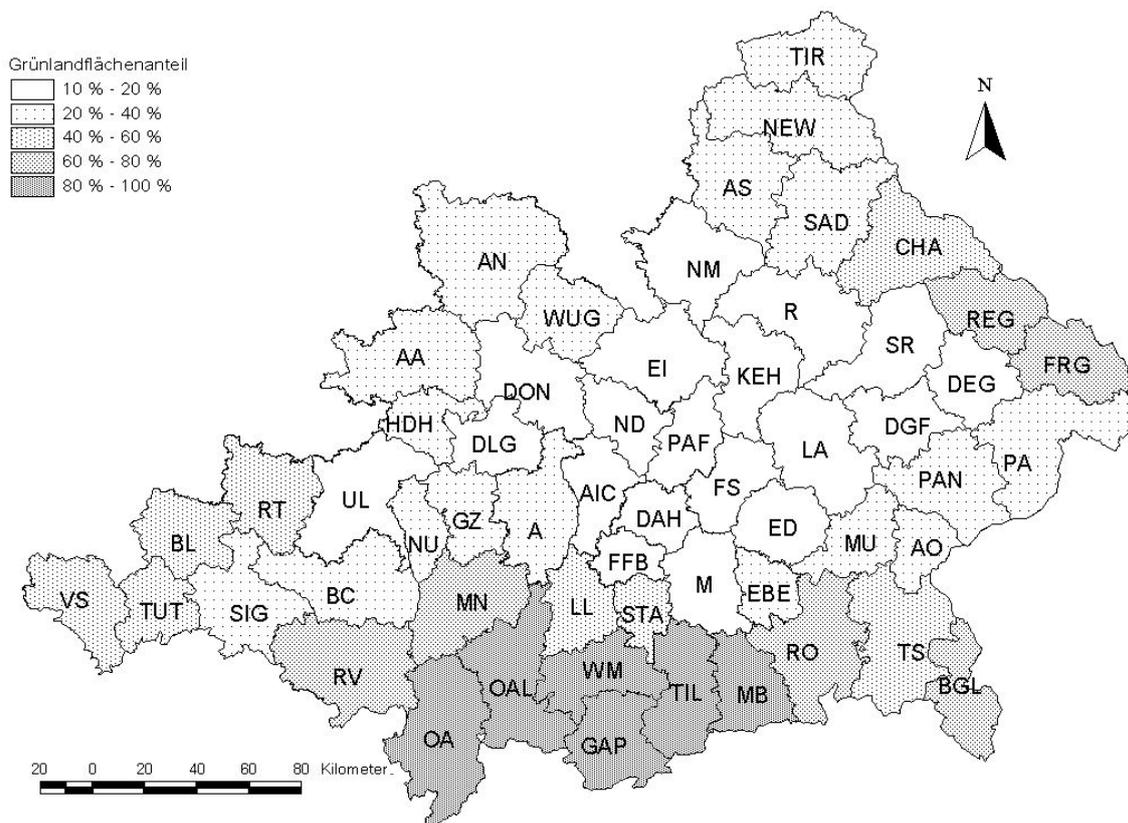
Auf der Karte 2 sind große Unterschiede der Besatzdichte an Milchkühen zu erkennen. Die durchschnittliche Besatzdichte variiert in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes zwischen 0,1 und 1,1 Milchkühen pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche. Regionale Schwerpunkte der Milchviehhaltung lassen sich im Alpenvorraum und in den Mittelgebirgslagen lokalisieren. Eine Auflistung weiterer bedeutender Tierhaltungsverfahren in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes ist im Anhang zu finden.

Die Nutzung des Ackerlandes wird vom Klima und der Tierhaltung beeinflusst. Die Getreideproduktion findet auf über 50 % der Ackerfläche statt und ist über das gesamte Untersuchungsgebiet verbreitet. Weizen ist die wichtigste Getreideart, da er für den menschlichen Verzehr verwendet wird und als Futtergrundlage in der Veredlung dient. Die Ackerfutterproduktion auf 24 % der Ackerfläche dient als Futtergrundlage die Rinder. Als Ackerfutter werden Silomais bzw. Kleereinsaat oder Klee grasgemenge angebaut. Für die Auflockerung der getreidebetonten Fruchtfolgen, die vorrangig an ungünstigen Ackerstandorten mit niedriger Rinderhaltung vorzufinden sind, wird Raps angebaut. Der

Kartoffel- und Zuckerrübenanbau ist hauptsächlich auf Gunststandorten verbreitet. In Gegenden mit mildem Klima und fruchtbaren Böden werden ein- und mehrjährige Sonderkulturen kultiviert. Die Obst-, Gemüse- und Hopfenproduktion sind die wichtigsten Produktionszweige im Sonderkulturanbau.

Analog zu den Tierhaltungsverfahren sind bei einer regionalen Analyse der Landnutzung Produktionsschwerpunkte in der Pflanzenproduktion festzustellen. In der folgenden Karte ist der Grünlandflächenanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche dargestellt.

**Karte 3: Grünlandflächenanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000) und eigene Berechnung (2003)

Die Karte macht deutlich, dass es Landkreise mit einem Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche von 10 % bis zu fast 100 % im Untersuchungsgebiet gibt. Ein niedriger Grünlandanteil ist in den klimatisch günstigen und fruchtbaren Landkreisen zu verzeichnen. Ein deutlich höherer Grünlandanteil ist in den Landkreisen des Alpen- und

Voralpenraumes sowie in den Mittelgebirgslagen zu finden. Eine Auflistung des Anbauumfangs der landwirtschaftlichen Kulturen auf Landkreisebene befindet sich in Tabelle II im Anhang.

### **3.3 Konzeption eines räumlich differenzierten ökonomischen Agrarsektormodells**

#### **3.3.1 Methodische Aspekte der ökonomischen Agrarsektormodellierung**

##### *3.3.1.1 Ziele des Agrarsektormodells*

Modelle sind vereinfachte Abbildungen der Realität und dienen der Darstellung wichtiger Zusammenhänge. Sie bilden die Realität unvollständig ab und stellen wichtige Aspekte und Zusammenhänge dar. Aus der Vielzahl der zur Verfügung stehenden Methoden sind geeignete Methoden für die Konstruktion des Analyseinstruments auszuwählen. Bei der Konzeption eines Modells sind sowohl die Datengrundlage als auch das Ziel bzw. die Problemstellung der Untersuchung wichtige Aspekte, die es zu berücksichtigen gilt.

Unter Berücksichtigung der Qualität und des Umfangs der Datengrundlage wird die zweckmäßigste Methode bzw. die zweckmäßigste Methodenkombination für das Modell gewählt. Wichtig sind bei der Methodenkombination für die Konstruktion des Analyseinstruments die Anforderungen, die an das Modell gestellt werden. Aus den sich wechselseitig beeinflussenden Vorgaben ist ein für die Fragestellung geeigneter und angepasster Lösungsansatz zu erarbeiten.

Das Modell wird im Modellverbund Głowa-Danubia eingebunden werden und dort zur Analyse der Veränderung der landwirtschaftlichen Produktion bei verschiedenen Klima- und Politikszenerarien beitragen. Bei der Integration des agrarökonomischen Modells in das Gesamtsystem Głowa-Danubia sind mehrere Anforderungen zu erfüllen, daher wird zuerst das Decision-Support-System Głowa-Danubia erläutert. Aus den Anforderungen des Decision-Support-Systems an das agrarökonomische Modell werden anschließend die methodische Basis und der Aufbau des agrarökonomischen Modells abgeleitet.

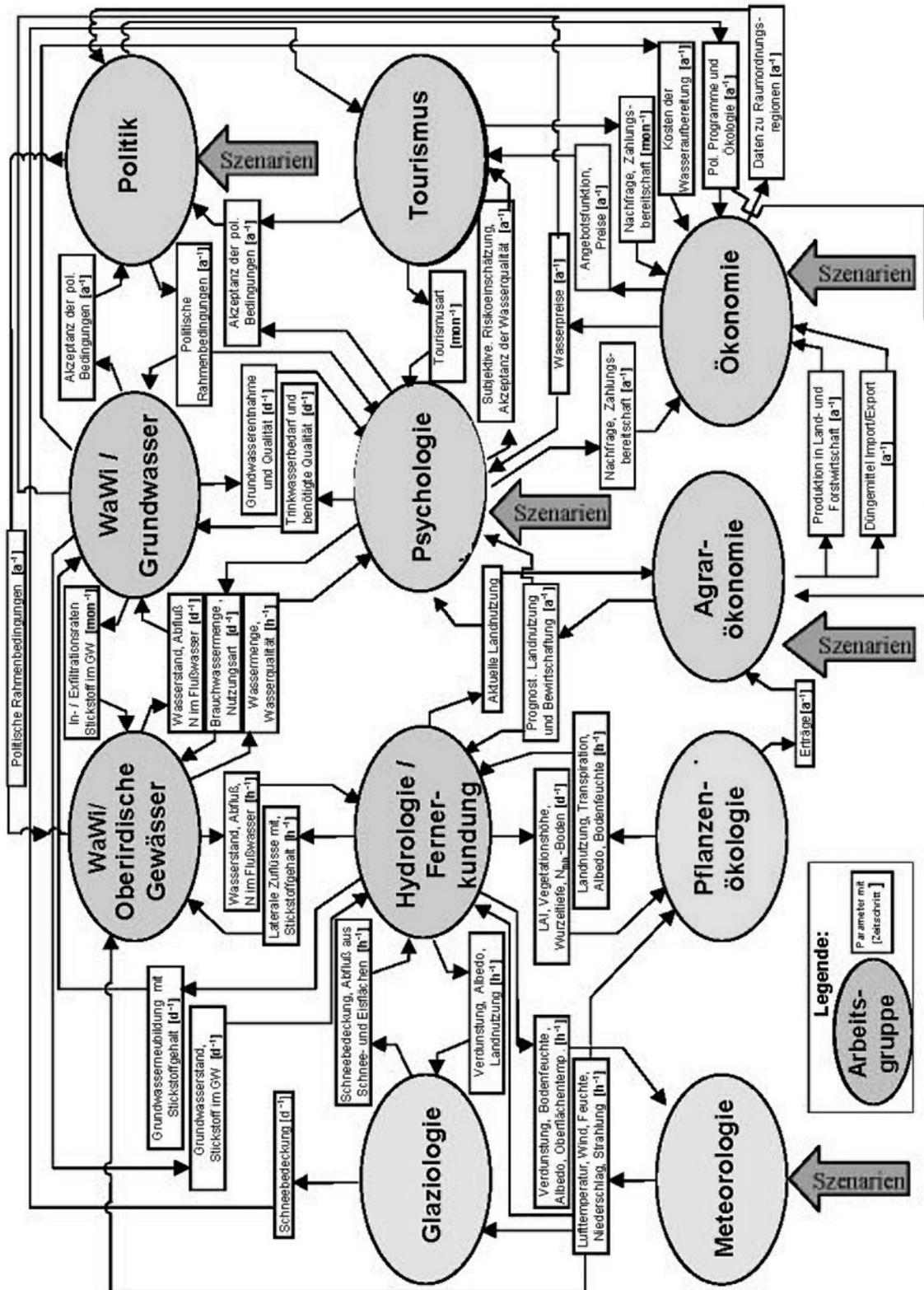
Das Decision-Support-System Głowa-Danubia ist ein von elf verschiedenen wissenschaftlichen Fachdisziplinen ausgearbeiteter Modellverbund. Das ausgearbeitete Modellsystem

soll zur Bewertung unterschiedlicher Politik-, Klima- und weiteren Szenarien einen Beitrag leisten. Es soll versucht werden, einen Modellverbund für das Untersuchungsgebiet zu erstellen, mit dem die wichtigsten Zusammenhänge, die den Wasserkreislauf betreffen, abgebildet werden können. Jede Fachdisziplin entwickelt ein eigenes Modell, mit dem die jeweiligen disziplinären Fragen bearbeitet werden können. Die einzelnen Modelle sollen miteinander verknüpft werden, um die Eingangs- und die Ergebnisgrößen der einzelnen Modelle automatisch untereinander austauschen zu können.

Bisher laufen die Modelle in den verschiedenen Teildisziplinen mit unterschiedlicher räumlicher und zeitlicher Auflösung. Da die Modelle untereinander Daten austauschen sollen, sind Vereinbarungen hinsichtlich der räumlichen Auflösung und der Einheiten der Übergabeparameter getroffen worden. Die einheitliche räumliche Auflösung beträgt einen Quadratkilometer, der als Proxel (prozessorientierter Pixel) bezeichnet wird (TENHUNEN ET AL., 1999). Jeder Proxel ist mit einer Identifikationsnummer versehen und beschreibt die wichtigsten Eigenschaften wie z.B. geographische Standortdaten oder die Nutzung des Proxels. Jedes Modell gibt daher die Ergebnisse für jeden Proxel aus.

Die Modelle im Decision-Support-System Glowa-Danubia sind zum Datenaustausch untereinander gekoppelt. Ergebnisgrößen eines Modells dienen als Eingabegrößen für andere Modelle. Die Kopplungen und Verknüpfungen der Modelle des Decision-Support-Systems untereinander sind in der Abbildung 2 dargestellt. Die einzelnen Teildisziplinen mit den entsprechenden Modellen sind mit Ellipsen dargestellt. Die Pfeile zwischen den Modellen verdeutlichen die Kopplungen und die Richtung des Datenflusses. Die Einheiten und Übergabeparameter sind in den Kästchen der Pfeile aufgeführt. Die Szenarienpfeile verdeutlichen, welche Modelle als Ausgangsbasis für Szenarien zur Verfügung stehen.

Abbildung 2: Übersicht über das Decision-Support-System Glowa Danubia



Quelle: verändert nach Kompetenznetzwerk Donau, (2000)

Die Meteorologie beschreibt das Klima und gibt die Klimadaten an die Glaziologie und Pflanzenökologie weiter. Die Glaziologie modelliert den Gletscherauf- und -abbau sowie die Schneehöhen. Die Pflanzenökologie beschreibt das Pflanzenwachstum und gibt die Daten an die Hydrologie / Fernerkundung weiter, die sich mit dem Wasserhaushalt in den oberen Bodenschichten befasst. Die beiden wasserwirtschaftlichen Gruppen verarbeiten diese Ergebnisse weiter. Die Gruppe, die sich mit den oberirdischen Gewässern beschäftigt, beschreibt die Abflusshöhe in den Flüssen, während die Grundwassergruppe die Grundwasserstände und Grundwasserneubildung berechnet. Die Grundwasserarbeitsgruppe stellt den Gruppen Politik, Ökonomie, Tourismus und Agrarökonomie die Grundwasserentnahme mit den entsprechenden Grundwasserqualitäten zur Verfügung. Die Psychologie modelliert den Wasserverbrauch der Haushalte, während die Gruppe Tourismus den Wasserverbrauch der Touristen modelliert. Die Gruppe Ökonomie beschäftigt sich mit der wirtschaftlichen Entwicklung des Projektgebietes. Das Agrarsektormodell der Gruppe Agrarökonomie prognostiziert die Landnutzung, den Produktionswert der Landwirtschaft und den Faktoreinsatz.

Die umfangreichen Verflechtungen zwischen den Modellen untereinander erfordern einen modularen Aufbau der Modelle in den einzelnen Fachdisziplinen. Eine Trennung der Teilbereiche Datenbasis, Modellgleichungen und Rechenergebnisse wird durchgeführt, um den automatischen Datenaustausch zwischen den Modellen zu bewerkstelligen. Die Datenübergabe der Modelle findet über Ascii-Dateien statt. Die Zwischenergebnisse werden in einer zentralen Datenbank gespeichert. Die Modelle sind in Java programmiert oder in eine Javaumgebung integriert. Ein Framework, das in Java programmiert ist, übernimmt die Steuerung der Modelle (HENNICKER ET AL., 2003).

Ziel des agrarökonomischen Modells ist es, die landwirtschaftliche Produktion räumlich differenziert auf Proxelebene abbilden zu können. Der Ansatz wird für das Untersuchungsgebiet so angepasst, dass die wichtigsten Reaktionsmöglichkeiten des Agrarsektors wie die optimale spezielle Intensität für alle Bereiche, die für die Wasserqualität wichtig sind, abgebildet werden können. Von besonderer Bedeutung ist in diesem Zusammenhang, die agrarpolitischen Bedingungen mit der nötigen Variationsbreite im Modell abzubilden. Ein weiterer Aspekt, der in die Modellierung einfließen muss, sind die Auswirkungen des Klimawandels auf die Landwirtschaft. Wichtige Änderungen, die sich aus dem Klimawandel ergeben können, sind eine Angebotsbegrenzung bzw. eine Preiserhöhung von

Trinkwasser. Zusätzlich kann durch die Klimaerwärmung das Wachstum der Pflanzen beeinflusst werden, was wiederum die Erträge der landwirtschaftlichen Kulturen beeinflussen kann.

### *3.3.1.2 Abstraktions- und Differenzierungsgrad des Modells*

Das Untersuchungsgebiet umfasst über 150.000 landwirtschaftliche Betriebe mit einer landwirtschaftlichen Nutzfläche von über zwei Hektar. Eine vollständige Abbildung aller Betriebe ist aufgrund der großen Anzahl nicht möglich. ÖNAL UND MC CARL (1989) sprechen sich für eine Aggregation der Betriebe innerhalb eines größeren Untersuchungsgebietes aus, da folgende Faktoren eine Bearbeitung aller Betriebe nicht ermöglichen:

- verfügbare Arbeitszeit
- finanzielle Mittel
- Computer: Hardware und Software Ausstattung

Bei einer Aggregation sind unter Berücksichtigung der Datengrundlage und des Untersuchungsgegenstandes zweckmäßige Modelleinheiten zu bilden. Ebenso ist es für die Minimierung des Aggregationsfehlers notwendig, möglichst homogene Aggregate zu bilden.

Verbreitete Aggregationsmethoden in der agrarökonomischen Forschung stellen die Bildung von typischen Betrieben oder von Regionshöfen dar. Die Gruppierung der Betriebe erfolgt bei den typischen Betrieben nach statistischen Analyseverfahren oder nach subjektiver Zuordnung (LINNEMANN, 2001). Die heterogenen Betriebe werden zu verschiedenen Betriebsgruppen zugeordnet, so dass innerhalb der Gruppe die Unterschiede möglichst klein sind (HANF, 1989). Bei der Bildung eines Regionshofes werden alle Betriebe eines Gebietes aggregiert.

Maßgeblich für die Wahl des geeigneten Ansatzes ist das Ziel der Untersuchung. Ist das Ziel einzelbetriebliche Auswirkungen aus der Änderung von Politikmaßnahmen zu analysieren, dann ist die Bildung von Betriebsmodellen die zweckdienliche Maßnahme. Einzelbetriebliche Modelle weisen aber in der Hochrechnung gegenüber den Regionalmodellen größere Ungenauigkeiten auf (KLEINHANSS ET AL., 1998). In Regionalmodellen mit Regionshöfen können einzelbetriebliche Besonderheiten häufig nur unzureichend

berücksichtigt werden, besonders wenn die Betriebsstruktur in der Region sehr heterogen ist (DABBERT, 1995).

In der Literatur werden aufgrund der Auswirkungen der Aggregation auf das Untersuchungsergebnis in Abhängigkeit vom Untersuchungsziel entsprechende Aggregationsformen angewendet. Um die Auswirkungen auf Einzelbetriebe zu untersuchen, werden typische Betriebe modelliert. Einzelbetriebliche Modelle verwenden unter anderem KRAYL (1993) oder KILIAN (2000). Beide setzen ihre Modelle für die Bewertung von agrarpolitischen Strategien zur Verminderung der diffusen Gewässerbelastung ein und untersuchen dabei die Auswirkungen auf Einzelbetriebe. Regionalmodelle wie das Landschaftsmodell Kraichgau (DABBERT ET AL., 1999), RAUMIS (WEINGARTEN, 1995) oder CAPRI (HECKELEI ET AL., 1999) werden für Politikfolgenabschätzungen in einzelnen Regionen eingesetzt.

Da mit dem zu erstellenden Modell räumlich differenzierte Aussagen über die Landnutzung getätigt werden sollen, scheint die Verwendung eines Regionshofes eine geeignete Aggregationsmethode zu sein. KAULE ET AL. (1999) erachten Regionshöfe als notwendig, um eine konkrete räumliche Zuordnung zu ermöglichen. Die Standortfaktoren sind ein weiteres Motiv, das für die Modellierung eines Regionshofes spricht, da diese Faktoren einen entscheidenden Einfluss auf Art und Intensität der landwirtschaftlichen Bodennutzung haben. Die ökonomisch wichtigen Standortbedingungen sind bereits von WEINSCHENCK & HENRICHSMEYER (1966) beschrieben worden. So werden zu den wichtigen ökonomischen Standortbedingungen folgende Faktoren gezählt:

1. Ausstattung mit Fläche, Arbeit und Kapital
2. Persönlichkeit des Betriebsleiters
3. natürliche Verhältnisse
4. Stand der landwirtschaftlichen Produktionstechnik
5. Verkehrslage
6. agrarpolitische Maßnahmen
7. Stand der volkswirtschaftlichen Entwicklung.

Standortfaktoren besitzen enge Wechselwirkungen zu landwirtschaftlichen Produktionsverfahren. Sie stellen damit eine wichtige Einflussgröße auf Produktionsrichtung, Produktionsniveau und Faktorkombination dar (SAUER, 1970). Damit entstehen bei einer

sachgerechten Abgrenzung der einzelnen Regionshöfe weitestgehend homogene Regionshöfe, die sich zumindest in den von WEINSCHENCK & HENRICHSMEYER (1966) aufgeführten Faktoren drei bis sieben nicht unterscheiden. Entsprechend kleiner ist der Aggregationsfehler, der durch die Aggregation aller landwirtschaftlichen Einzelbetriebe einer Region zu einem Regionshof entsteht.

Die Bildung bzw. Abgrenzung von Regionen kann anhand verschiedener Kriterien vorgenommen werden (LAUSCHMANN, 1973). Mögliche Ansätze für die Bildung der Regionshöfe sind eine Abgrenzung nach dem Homogenitätsprinzip oder eine Abgrenzung anhand administrativer Gebiete. Beim Homogenitätsprinzip werden Gebiete zusammengefasst, bei denen relevante Merkmale wie z.B. ökonomische oder natürliche Struktur eine ähnliche Ausprägung besitzen (DE HAEN, 1971). Das Ziel ist, eine Region mit möglichst einheitlichen Gebieten zu bilden. Bei einer Abgrenzung anhand administrativer Gebiete werden administrative Gebietseinteilungen herangezogen. Eine mögliche Untergliederung kann der Landkreis sein. Diese Art der Untergliederung führt dazu, dass der Landkreis als homogen angesehen wird.

In der Literatur sind für beide Abgrenzungsmethoden Modelle beschrieben. Ein Modell, das nach dem Homogenitätsprinzip arbeitet, ist das Kraichgaumodell, welches Nahbereiche als räumliche Abgrenzung verwendet (DABBERT ET AL., 1999). Größere homogene Regionen werden in dem von KAZENWADEL (1999) vorgestellten Modell gebildet. Die Regionen werden ebenfalls nach dem Homogenitätsprinzip, aber anhand landwirtschaftlicher Vergleichsgebiete abgegrenzt. Da sich die Nahbereiche nur über wenige Gemeinden erstrecken, während sich die landwirtschaftlichen Vergleichsgebiete über zahlreiche Gemeinden bzw. sogar über ganze Landkreise erstrecken, können bei einer Abgrenzung nach dem Homogenitätsprinzip auch größere Regionen gebildet werden.

Modelle, die auf der Ebene von administrativen Gebietseinheiten arbeiten, können gleichfalls auf unterschiedlichen Aggregationsebenen arbeiten. Die kleinste Aggregationsebene stellt bei dieser Vorgehensweise häufig die Gemeinde dar. Eine höhere Ebene der Aggregation ist die Bildung von Regionshöfen auf Landkreisebene oder auf Regierungsbezirksebene. Ein Modell, das auf Ebene der Gemeinde arbeitet, ist das von BARETH & ANGENENDT (2003) vorgestellte ökonomisch-ökologische Regionalmodell. Die Autoren schätzen mit ihrem Modell klimarelevante Gasemissionen für das württembergische

Allgäu auf Gemeindeebene ab. KÄCHELE ET AL. (1995) verwenden Gemeindedaten für die Festlegung der Kapazitäten der Regionshöfe. Auf der Aggregationsebene der Landkreise arbeitet das Modell RAUMIS, mit dem regionale Analysen auf Landkreisebene für die gesamte Bundesrepublik durchgeführt werden (WEINGARTEN, 1995). Das CAPRI-Analysesystem arbeitet auf der regionalen Ebene der NUTS 2 Regionen (HECKELEI ET AL., 2001). Ziel dieses Modells ist die europaweite Darstellung der Auswirkungen der Europäischen Agrarpolitik auf der Ebene der NUTS 2 Regionen. Die gebildeten regionalen Einheiten auf der Ebene der NUTS 2 Regionen stimmen im Untersuchungsgebiet mit den Regierungspräsidien überein.

Mit den im Modell verwendeten räumlichen Einheiten wird der räumliche Detaillierungsgrad der Modellergebnisse festgelegt. Entsprechend ist für das zu erstellende Modell eine geeignete räumliche Auflösung des Untersuchungsgebietes vorzunehmen. Eine auf dem Homogenitätskriterium basierende Abgrenzung kann aufgrund der Datengrundlage nur anhand der Agrargebiete vorgenommen werden. In den Agrargebieten werden Standorte mit vergleichbaren landwirtschaftlichen Erzeugungsbedingungen zusammengefasst (BMSTLF, 1998). So erstreckt sich das bayerische Untersuchungsgebiet über neun Agrargebiete: Alpen, Alpenvorland, Voralpines Hügelland, Tertiär-Hügelland (Süd), Tertiär-Hügelland (Nord), Gäugebiete, Ostbayerische Mittelgebirge, Jura und Nordbayerisches Hügelland.

Sekundärstatistische Daten, die eine räumliche Auflösung nach administrativen Gebietseinheiten ermöglichen, liegen nur auf Landkreisebene vollständig vor. Über 68 Landkreise befinden sich teilweise oder vollständig im Projektgebiet. Die Abgrenzung der Agrargebiete erfolgt auf Gemeindeebene. Die Grenzen der Agrargebiete sind daher nicht mit den Landkreisgrenzen identisch. Da mit der Bildung von Regionshöfen auf Landkreisebene eine detailliertere räumliche Auflösung ermöglicht wird, wird dieses Verfahren aufgegriffen. Ein weiteres Argument für diese Vorgehensweise ist, dass der Aggregationsfehler, der durch die Bildung der großflächigeren Agrargebiete entsteht, größer eingeschätzt wird, als der Aggregationsfehler, der bei der Bildung der Landkreise durch unterschiedliche natürliche Bedingungen entsteht.

Das Ziel der Untersuchung ist eine Darstellung und Prognose der Landnutzung mit einer räumlichen Auflösung von einem Quadratkilometer. Die Bildung von Regionshöfen auf

Landkreisebene als räumliche Modelleinheit ist daher unzureichend. In der agrarökonomischen Forschung werden Modelle, die flächenbezogene ökologische und landwirtschaftsbezogene ökonomische Effekte in den Vordergrund stellen, als Landschaftsmodelle bezeichnet (DABBERT ET AL., 1999). In der Literatur werden diese Fragestellungen mit zwei unterschiedlichen Modellansätzen gelöst (MÖLLER ET AL., 1999). Der Hauptunterschied beruht auf der räumlichen Skalierung, auf der die ökonomischen Berechnungen durchgeführt werden.

Beim Homogenitätsprinzip wird die Untersuchungsregion anhand zuvor festgelegter Kriterien in Standorte mit ähnlichen agronomischen Eigenschaften untergliedert. Anschließend erfolgt die Berechnung. Die Methode ist bereits im Modell PROLAND verwirklicht worden (KUHLMANN ET AL., 2003). Das Modell wird u.a. für Landnutzungsanalysen in der Lahn-Dill Region in Hessen eingesetzt. Es eignet sich für Untersuchungsgebiete mit bis zu mehreren 1000 km<sup>2</sup>. Für dieses Modell wird zuerst die Untersuchungsregion anhand agronomischer Eigenschaften, wie Bodenart, Klima, Relief etc. in homogene Standorte eingeteilt. Mit diesen Informationen wird anschließend das Ertragspotential der Kulturen abgeschätzt. Die Bestimmung des standörtlichen Ertragspotentials ist in der Arbeit von WEINMANN (2002) näher am Beispiel der Kulturart *Miscanthus* erläutert. Er vergleicht zehn Versuche mit unterschiedlichen Standorten und zieht folgendes Fazit: Da bei acht von zehn Modellergebnissen eine Abweichung von weniger als 10 % gegenüber dem tatsächlich ermittelten Ertrag auftritt, sind seine Ertragsmodelle für jeden Standort im Untersuchungsgebiet ausreichend definiert. Anschließend werden für jeden Standort typische Nutzungskategorien vorgegeben, deren Grundlage aus dem standörtlichen Ertragspotential abgeleitet ist. Für andere in der Agrarstatistik ausgewiesene und weit bedeutendere Kulturen werden die Ergebnisse nicht vorgestellt.

Eine vergleichbare Vorgehensweise wählt SCHMID (2001) in seinem Modell mit dem er für zwei Wasserschutzgebiete in Österreich Berechnungen durchgeführt hat. SCHMID untergliedert seine heterogenen Untersuchungsregionen in homogene hydrologisch-ökonomische Untereinheiten (SCHMID, 2001). Eine standörtliche Differenzierung nimmt er anhand der Kriterien Wetter, Bodenart, Fruchtfolge, Landnutzung sowie Topographie vor. Das standörtliche Ertragspotential ermittelt er mit dem Pflanzenwachstumsmodell EPIC, aus dem er eine Stickstoffertragsfunktion generiert. Diese Ertragsfunktion integriert

SCHMID in sein ökonomisches Modell. Dadurch gelingt es ihm, eine standörtlich differenzierte ökonomische Betrachtung vorzunehmen. Mit dem Optimierungsmodell kann er verschiedene Szenarien vorlegen, die Auswirkungen der Landbewirtschaftungsszenarien auf den Nitrataustrag aufzeigen.

Bei diesen beiden vorgestellten Ansätzen erfolgen die ökonomischen Berechnungen auf einer kleinräumigen Untereinheit. Eine andere Vorgehensweise wird in den Modellen Modam (KÄCHELE, 1999) oder Landschaftsmodell Kraichgau (DABBERT ET AL., 1999) verfolgt. Hier erfolgen die ökonomischen Berechnungen auf einer höher aggregierten Basis. Die Ergebnisse werden anschließend räumlich disaggregiert.

Im Modell Modam werden Betriebsmodelle erstellt, mit dessen Unterstützung werden umweltgerechte und nachhaltige Landnutzungssysteme bewertet (KÄCHELE, 1999). Das besondere an diesem Modell ist, dass aufgrund der großbetrieblichen Struktur im Einsatzgebiet und der geringen Untersuchungsgebietsgröße von 110 km<sup>2</sup> im Unteren Odertal eine Abbildung der Betriebsmodelle bis auf die Schlagebene erfolgen kann.

Im Landschaftsmodell Kraichgau werden aufgrund der Größe des Projektgebietes (ca. 1500 km<sup>2</sup>) und der großen Anzahl von landwirtschaftlichen Betrieben zunächst 29 Regionshöfe auf Nahbereichsebene gebildet, auf deren Grundlage ökonomische Berechnungen durchgeführt werden (UMSTÄTTER, 1999a). Anschließend erfolgt eine Disaggregation der Ergebnisse unter Einbeziehung von bestimmten flächengenauen Indikatoren auf Schlagebene (MÖVIUS, 1999). Als Indikatoren dienen Fruchtfolge-restriktionen und Standorteigenschaften wie Bodengüte, Relief und Wasserhaushalt.

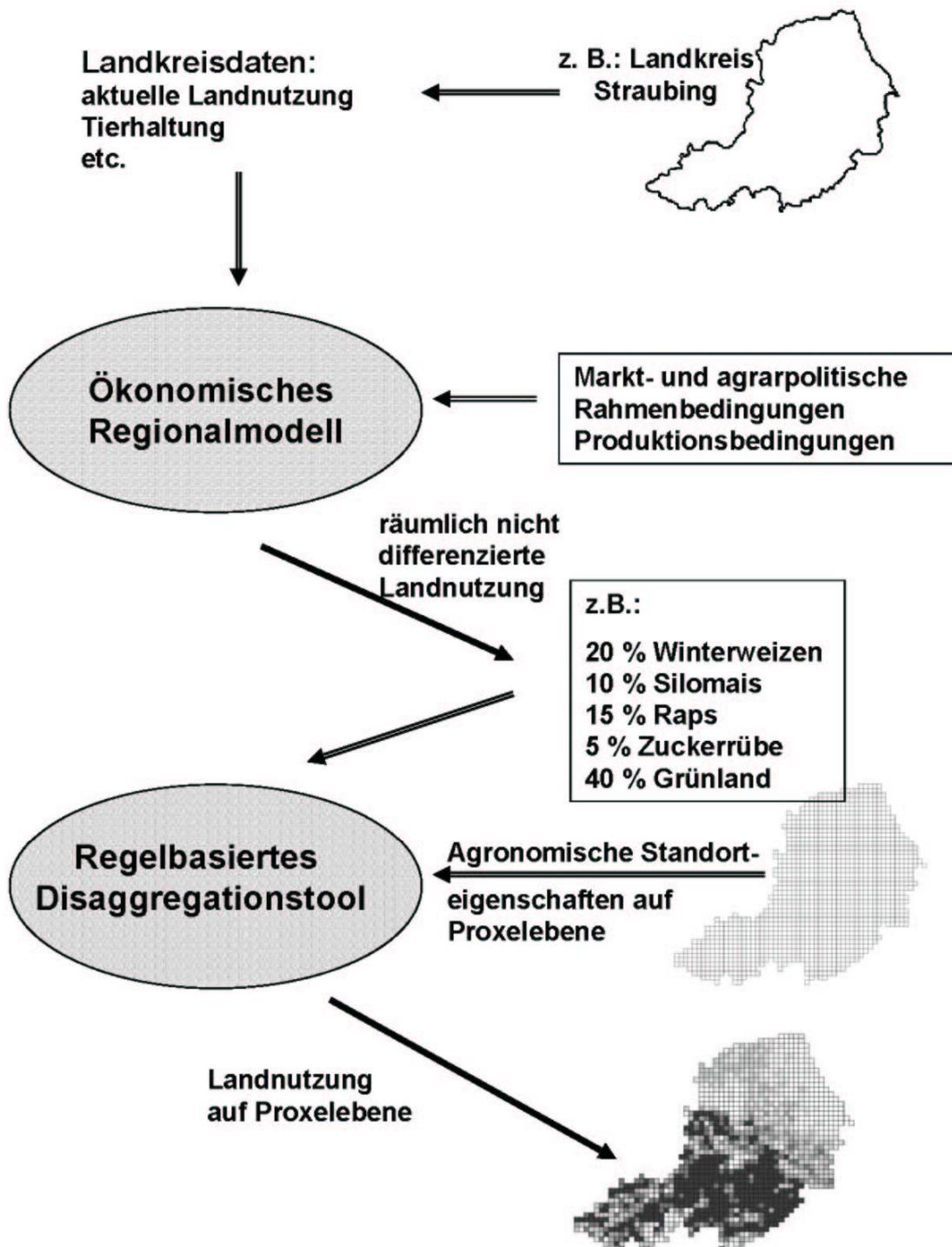
Ein vergleichbares Modellkonzept ist während der Bearbeitung des NEPUL-Projekts erstellt worden (O'CALLAGHAN, 1996). Auch hier werden die ökonomischen Berechnungen auf Landkreisebene durchgeführt und anschließend die Ergebnisse des ökonomischen Modells auf die Landfläche disaggregiert. Die ökonomischen Berechnungen werden mit einem Linearen Programmierungsmodell durchgeführt und die Ergebnisse mittels Interpolation auf die Landfläche disaggregiert verteilt.

Für diese Untersuchung werden Regionshöfe auf Landkreisebene gebildet, da dies der höchsten räumlichen Auflösung, für die vollständige Datensätze vorliegen, entspricht. Bei

---

einer Bildung von typischen Betrieben müssten die Daten weiter disaggregiert werden, was aufgrund der unvollständigen Information über die Struktur und den Standort der Betriebe in den einzelnen Landkreisen zu Disaggregationsfehlern führen würde. Ein räumlich differenziertes Agrarsektormodell auf Landkreisebene ist aufgrund der heterogenen Standortverhältnisse innerhalb der Landkreise für das Decision-Support-System nicht ausreichend. Um räumlich differenziert auf Proxelebene die Landnutzung aufzeigen zu können, müssen die Ergebnisse des ökonomischen Modells disaggregiert werden. Die Zuordnung der Ergebnisse des ökonomischen Agrarsektormodells auf die einzelnen Proxel wird daher mit einem Disaggregationstool durchgeführt. Das Disaggregationstool weist anhand eines festgelegten Regelwerkes jedem Proxel eine Landnutzung zu. Entsprechend ist das agrarökonomische Modell im Decision-Support-System Glowa-Danubia in zwei Module untergliedert: in ein ökonomisches Agrarsektormodell und ein regelbasiertes Disaggregationstool. Das Disaggregationstool ist nicht Bestandteil dieser Arbeit. Es wird in den folgenden Ausführungen nur noch erwähnt, sofern das Disaggregationstool beim Aufbau des Agrarsektormodell berücksichtigt werden muss. Die folgende Abbildung verdeutlicht den Aufbau und Datenfluß des agrarökonomischen Gesamtmodells.

Abbildung 3: Das Konzept des agrarökonomischen Gesamtmodells

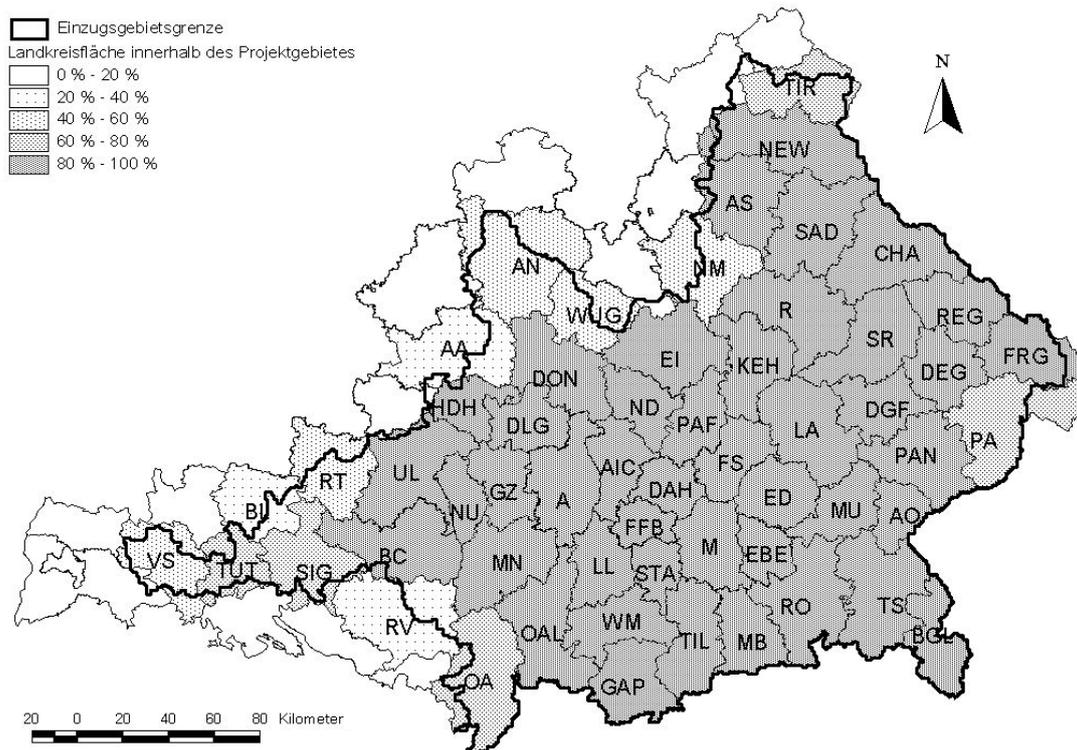


Quelle: verändert nach Dabbert et al. (2003)

Bei der Bildung von Regionshöfen treten Abgrenzungsprobleme zwischen dem Untersuchungsgebiet des Donaueinzugsgebietes und der Abgrenzung der Landkreise auf,

da die Landkreisgrenzen nicht mit den Einzugsgebietsgrenzen der Donau übereinstimmen. Während 44 Landkreise vollständig im Gebiet liegen und keine Probleme bereiten, befinden sich weitere 24 Landkreise nur teilweise im Untersuchungsgebiet, wie aus der Karte 4 ersichtlich wird.

**Karte 4: Einzugsgebietsgrenzen des Projektgebietes und die Kreisgrenzen der Landkreise**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Darstellung (2003)

Bei der Analyse der Landkreise, die sich nur teilweise im Projekteinzugsgebiet befinden, lassen sich zwei Gruppen abgrenzen. Die erste Gruppe enthält Landkreise, bei denen maximal 20 % der Landkreisfläche im Einzugsgebiet liegen. In der zweiten Gruppe sind Landkreise enthalten, bei denen das Einzugsgebiet über 40 % der Fläche des jeweiligen Landkreises abdeckt. Prinzipiell lassen sich verschiedene Lösungswege für die Bearbeitung des Abgrenzungsproblems einschlagen. Für die Konsistenz des Ansatzes ist es u. a. wichtig, eine einheitliche Vorgehensweise bei der Abgrenzung der räumlichen Modelleinheiten zu verfolgen (DILLON ET AL., 1990). Daher sind die Landkreise als räumliche Modelleinheit aufrecht zu halten. Entsprechend müssten die Landkreise vollständig abgebildet oder völlig aus dem Modell herausgenommen werden. Für das ökonomische

Modell werden alle Landkreise herausgenommen, die mit weniger als 20 % im Projektgebiet liegen, weil davon ausgegangen werden kann, dass die Auswirkungen auf das Gesamtmodell unbedeutend sind. Die im ökonomischen Modell nicht berücksichtigten Flächen des Projektgebietes werden über das Disaggregationstool zusätzlich bedient, um die notwendige Bearbeitung aller Proxel sicher zu stellen.

### *3.3.1.3 Einordnung des Modells in die Systematik ökonomischer Modelle*

Wie bereits zuvor festgestellt wurde, sind Modelle vereinfachte und idealisierte Abbildungen der Realität. Entsprechend ist es möglich, ökonomische Modelle mit wenigen Elementen zu entwickeln. Nach HAZELL & NORTON (1986) sind bei der Konstruktion eines Agrarsektormodells fünf Elemente zu beschreiben:

1. Produzentenverhalten
2. Produktionsfunktion
3. Faktorausstattung
4. Marktsituation
5. Agrarpolitische Rahmenbedingungen.

Trotzdem gibt es eine große Anzahl von Modellvarianten, die je nach Fragestellung angewendet werden können. Grundsätzlich lassen sich alle Modelle in drei unterschiedliche Ansätze gliedern (BERGER, 2000). Neben den klassischen Ansätzen wie den prozessanalytischen Programmierungsmodellen und den ökonometrischen Modellen, erlangen vor allem in letzter Zeit evolutionäre Modellansätze, wie die agentenbasierte Modellierung, an Bedeutung. Keineswegs sind die diskutierten Modellansätze streng voneinander abzugrenzen. Vielmehr sind auch Kombinationen der Ansätze untereinander möglich. Der ökonometrische Ansatz und prozessanalytische Ansatz können sich durch eine Verknüpfung gegenseitig ergänzen (BAUER, 1986). Jede Methode besitzt verschiedene Vor- und Nachteile, die bei der Auswahl des Modellansatzes zu berücksichtigen sind (GROSSKOPF, 1980).

Agentenbasierte Modelle bestehen aus zwei oder mehreren Agenten mit zuvor definierten Eigenschaften, die auf Umwelteinflüsse reagieren. Solche Modelle lassen sich sowohl zur Problemlösung als auch zur Systemanalyse heranziehen (BALMANN & HAPPE, 2001). Zur Problemlösung trägt jeder Agent bei, indem er eine Teillösung oder alternative Lösungen

generiert. In der Systemanalyse kann diese Art von Modellen die Erklärung des Systems erleichtern. BALMANN & HAPPE (2001) verwenden einen agentenbasierten Modellansatz zur Analyse der zukünftigen Entwicklung der Betriebsstruktur im Norden von Baden-Württemberg.

Bei den ökonometrischen Ansätze werden statistische Verfahren verwendet, mit denen vorrangig Ex-Post-Analysen durchgeführt werden. Nur mit Einschränkungen können mit diesem Modelltyp Ex-Ante-Prognosen durchgeführt werden. So ist die Analyse zukünftiger Politikszenerien, die größere Abweichungen gegenüber den historischen Ausgangsbedingungen enthalten, nicht möglich (NORTON ET AL., 1980). Ex-Ante-Prognosen können damit nur durchgeführt werden, sofern sich die exogenen Variablen nicht ändern.

Der prozessanalytische Ansatz ist bereits in vielen Arbeiten verwendet worden, da dieser Ansatz einige vorteilhafte Eigenschaften für die Analyse des landwirtschaftlichen Sektors bietet. Die prozessanalytische Formulierung eines Programmierungsmodells ermöglicht eine tiefere Differenzierung der intrasektoralen Verflechtung. Dabei können bis auf die Ebene einzelner Produkte, Regionen oder Betriebsgruppen Analysen vorgenommen werden (BAUERSACHS ET AL., 1979). Mit diesem Ansatz können die wichtigsten Beziehungen zwischen Faktoreinsatz, Produktion und Einkommen in geeigneter Form abgebildet werden. Für die Bewertung und Analyse von agrarpolitischen Maßnahmen stellt der Programmierungsansatz ein geeignetes Instrument dar (WOLFGARTEN, 1991). Der Ansatz erlaubt die Integration verschiedener Zielindikatoren. Damit können Einkommensänderungen, Produktionsmengenwirkungen oder Auswirkungen auf die Umwelt untersucht werden (BRITZ, 1994). Prozessanalytische Modelle können je nach Anforderung an die zeitliche Differenzierung statisch, komparativ statisch oder dynamisch aufgebaut sein. Statische Modelle werden für die Analyse der Referenzsituation eingesetzt. Sie dienen damit der Erklärung bzw. dem besseren Verständnis der Referenzsituation. Bei komparativ statischen Modellen werden verschiedene Szenarien gerechnet und die Ergebnisse mit der Referenzsituation verglichen. Bei dieser Methode werden die Reaktionen aufgezeigt und die Veränderungen nachvollziehbar dargestellt. Bei dynamischen Modellen erfolgt eine Betrachtung über mehrere Perioden. Bei diesen werden nicht nur der Referenz- und Zielzustand einer Analyse unterzogen, sondern diese Modelle geben zusätzliche Informationen über die einzelnen Entwicklungsschritte im Simulationszeitraum.

Aufgrund der vielseitigen Einsatzmöglichkeiten von Programmierungsmodellen ist dieser Modelltyp bereits in vielen Untersuchungen aufgegriffen worden. Sowohl einzelbetriebliche als auch Regionalmodelle lassen sich mit diesem Ansatz darstellen. Die bereits zuvor erwähnten einzelbetrieblichen Modelle von KILIAN (2000) und KRAYL (1993) bedienen sich eines linearen Prozessanalyseansatzes. Ebenso sind die vorgestellten Regionalmodelle, Landschaftsmodell Kraichgau (DABBERT ET AL., 1999) und RAUMIS (WEINGARTEN, 1995) auf der Basis eines prozessanalytischen Ansatzes erstellt. Sowohl die einzelbetrieblichen Modelle als auch die Regionalmodelle sind zu ökonomisch-ökologischen Modellen weiterentwickelt worden.

Als Ergebnis der Diskussion der verschiedenen methodischen Ansätze wird ersichtlich, dass ein prozessanalytischer Ansatz für diese Arbeit den anderen Ansätzen überlegen ist. Aus diesem Grund wird für das zu erstellende Modell ein prozessanalytischer Ansatz verwendet. Das Modell soll u. a. Änderungen der Landbewirtschaftung, welche aus Politikveränderungen resultieren, aufzeigen. Ein komparativ-statischer Ansatz ist demzufolge die geeignete Methode, dies durchzuführen. In der Literatur werden sowohl Regionshofmodelle mit linearen als auch nichtlinearen Ansätzen beschrieben, wobei die Anzahl von nichtlinearen Modellen in den letzten Jahren deutlich zugenommen hat. So hat CYPRI (2000) das lineare Regionshofmodell RAUMIS in ein nichtlineares Modell umgewandelt.

Mit den nichtlinearen Regionshofmodellen lassen sich die Nachteile linearer Regionshofmodelle wie unrealistische konstante Grenzerträge, die Überspezialisierung des Modells mit eingeschränkten Reaktionsmöglichkeiten, sowie sprunghafte Änderung der Organisation bei Szenarienrechnungen, überwinden (RÖHM, 2001). Probleme gab es in der Vergangenheit bei der Bestimmung des Verlaufes der Zielfunktion, da weder geeignete Methoden zur Bestimmung nichtlinearer Funktionsverläufe bekannt waren, noch statistische Angaben über den Verlauf der Funktionen vorlagen. Mit der Positiven Quadratischen Programmierung ist jedoch eine zweckmäßige Kalibrierungsweise für die nichtlinearen Funktionen entwickelt worden.

### 3.3.2 Positive Quadratische Programmierung

Die Positive Quadratische Programmierung (PQP) ist den nichtlinearen Programmierungsansätzen zuzuordnen. Sie zeichnet sich durch einen moderaten Datenbedarf für die Kalibrierung nichtlinearer Zielfunktionen, in diesem Fall nichtlineare Deckungsbeitragsfunktionen, aus.

Sowohl HOWITT (1995a) als auch PARIS (1988) entwickelten Ansätze für die Schätzung von nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktionen. Für die Kalibrierung der nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktion werden einfach zu erfassende Daten benötigt. Der Ansatz von PARIS lässt sich nicht ohne weiteres umsetzen, da aufgrund der agrarpolitischen Rahmenbedingungen die Annahmen von PARIS zu bezweifeln sind (RÖHM, 2001). Aus diesem Grund wird der Ansatz von PARIS nicht weiter verfolgt und nur die beiden erfolgversprechenden Ansätze von HOWITT vorgestellt und diskutiert.

Das Grundprinzip ist bei beiden Ansätze nach HOWITT (1995a) übereinstimmend. Das erste Axiom geht von einer optimalen Produktionsstruktur innerhalb einer Untersuchungsregion aus. Das bedeutet, dass alle Grenzdeckungsbeiträge gleich hoch sind. Nach dem zweiten Axiom sind die Durchschnittsdeckungsbeiträge der nichtlinearen Optimierung identisch mit den Deckungsbeiträgen der Produktionsverfahren. Die Berechnung der nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktionen (Kalibrierung) des nichtlinearen Modells erfolgt in drei Schritten: Zunächst wird ein lineares Programmierungsmodell erstellt, mit dem die Referenzsituation abgebildet wird. Anschließend werden mit den aus dem linearen Programmierungsmodell berechneten Schattenpreisen die Kalibrierungsparameter für die nichtlineare Deckungsbeitragsfunktion berechnet. Die Kalibrierungsparameter werden im letzten Schritt in die Deckungsbeitragsfunktion eingesetzt und nach Eingabe der Szenariendaten wird die Szenarioberechnung durchgeführt.

Die Grundlage bildet bei beiden Ansätzen ein Lineares Programmierungsmodell, das für die Schätzung der Kalibrierungsparameter für das nichtlineare Modell herangezogen wird. Das lineare Modell wird nach dem folgenden Schema aufgestellt und optimiert (RÖHM, 2001):

$$\max(GDB) \rightarrow \sum_i DB_i * X_i$$

und den Nebenbedingungen:

$$X_i \leq A_i * \varepsilon$$

$$\sum_i X_i \leq \sum_i A_i$$

$$X_i \geq 0$$

*GDB* Gesamtdeckungsbeitrag

*i* Kultur

*DB<sub>i</sub>* Deckungsbeitrag der Kultur *i*

*A<sub>i</sub>* beobachteter Anbauumfang der Kultur *i* in der Basissituation

*X<sub>i</sub>* Anbauumfang im Programmierungsmodell

$\varepsilon$  Perturbationsfaktor

Beim Linearen Programmierungsmodell ist der Perturbationsfaktor zu berücksichtigen, der geringfügig größer als eins ist. Er sorgt in der Nebenbedingung des maximalen Anbauumfangs einzelner Kulturarten dafür, dass der Ackerfläche ein Schattenpreis zugewiesen wird, während die Marginalkultur keinen Schattenpreis erhält.

Für die Bestimmung der nichtlinearen Gewinnfunktion werden die Deckungsbeiträge, die Anbauumfänge und die Schattenpreise der einzelnen Produktionsverfahren benötigt. Mit der Positiven Quadratischen Programmierung kann eine kontinuierliche Angebotsreaktion abgebildet werden, ohne Begrenzungen für einzelne Kulturen einführen zu müssen (HOWITT ET AL., 1985).

### 3.3.2.1 Positive Quadratische Programmierung nach Howitt

Die ertragsseitige Kalibrierung geht von abnehmenden Grenzerträgen bei zunehmendem Anbauumfang einer Kulturart aus. Diese Annahme liegt in den heterogenen Standorteigenschaften innerhalb einer Region begründet, die sich in den Ertragsunterschieden der Kulturen widerspiegeln. Aufgrund von kleinklimatischen Bedingungen und unterschiedlichen Bodenverhältnissen variieren die Erträge landwirtschaftlicher Kulturen. Die heterogenen Standortvoraussetzungen führen bei einer Ausdehnung des Anbauumfangs einer Kultur zu abnehmenden Grenzerträgen. Dies wird damit begründet, dass jede Kultur zuerst an den guten und vorteilhaften Standorten angebaut wird und mit zunehmendem Anbauumfang der Anbau auf suboptimale Standorte ausgedehnt wird. Weitere Gründe für

die abnehmenden Grenzerträge stellen fruchtfolgebedingte Krankheiten und ein erhöhtes Ausbreitungspotential für Schädlinge durch Krankheiten dar.

Die Spezifikation der Gesamtdeckungsbeitragsfunktion erfolgt mit der Formel (RÖHM, 2001):

$$GDB = \sum_i (p_i(\alpha_i - \beta_i X_i) + prem_i - vk_i) X_i$$

|                     |                                       |
|---------------------|---------------------------------------|
| $i$                 | Kultur                                |
| $p_i$               | Erzeugerpreis der Kultur $i$          |
| $prem_i$            | Prämie der Kultur $i$                 |
| $vk_i$              | variable Kosten der Kultur $i$        |
| $X_i$               | Anbauumfang der Kultur $i$            |
| $\alpha_i, \beta_i$ | Kalibrierungsparameter der Kultur $i$ |

Für die Kalibrierung der nichtlinearen Funktion werden Erzeugerpreis, Prämie, variable Kosten sowie Anbauumfang für jede Kultur in einer Region benötigt. In die Berechnung des Verlaufs der Grenzertragskurve fließt zusätzlich der Schattenpreis der Kultur, der zuvor mit dem linearen Optimierungsmodell ermittelt wird, mit ein.

Nach dem ersten Axiom ist bei einer optimalen Produktionsstruktur innerhalb einer Region die Grenzverwertung der Fläche aller Kulturen identisch. HOWITT bezeichnet die Schattenpreise ( $\lambda_i$ ) aus dem Linearen Optimierungsmodell als Überschätzung des Grenzdeckungsbeitrages der Kultur. Daher ist bei jeder Kultur der Grenzerlös um den Schattenpreis zu hoch. Da er von linearen Grenzerträgen bei allen Kulturen ausgeht, ist der maximale Ertrag einer Kultur um den Quotient ( $\frac{\lambda_i}{p_i}$ ) höher, das bedeutet, dass der

Maximalertrag ( $\alpha_i$ ) jeder Kultur sich mit folgender Formel berechnen lässt.

$$\alpha_i = y_i + \frac{\lambda_i}{p_i}$$

$y_i$  = Durchschnittsertrag der Kultur  $i$

Die zweite Unbekannte, die Steigung der abnehmenden Grenzerträge ( $\beta_i$ ), wird durch die Anwendung des zweiten Axioms definiert. Nach dem zweiten Axiom stimmt in der Referenzsituation der kulturartspezifische Durchschnittsertrag beim nichtlinearen Modell

genau mit dem Durchschnittsertrag des linearen Modells überein. Entsprechend lässt sich folgendes Gleichungssystem aufstellen:

$$y_i = a_i - 2 * \beta_i * \frac{1}{2} A_i$$

für  $a_i$  die Gleichung des ersten Axioms eingesetzt  $\alpha_i = y_i + \frac{\lambda_i}{p_i}$

$$y_i = y_i + \frac{\lambda_i}{p_i} - 2 * \beta_i * \frac{1}{2} A_i$$

nach  $\beta_i$  auflösen

$$\beta_i = \frac{\lambda_i}{p_i * A_i}$$

Bei der Zuordnung der Schattenpreise fällt auf, dass für die Marginalkultur, d.h. für die Kultur, bei der der Anbauumfang nicht voll ausgeschöpft wird, aufgrund der Formulierung des Linearen Programmierungsmodells kein Schattenpreis ausgewiesen wird. Eine Kalkulation der Kalibrierungsparameter kann damit für die Marginalkultur mit dem vorgestellten Verfahren nicht stattfinden. Um die Konsistenz des Ansatzes zu vervollständigen, muss für die Marginalkultur eine geeignete Kalibrierungsmethode gefunden werden. In der Praxis treten Ertragsvariationen auch bei der Marginalkultur auf, die durch Expertenbefragungen ermittelt werden können. Aus den Ertragsdifferenz zwischen dem Maximalertrag und dem niedrigsten vorgefundenen Ertrag lässt sich der Grenzertrag der Marginalkultur ableiten. Der Grenzertrag ist, da eine lineare Abnahme der Grenzerträge unterstellt wird, um die Hälfte des Ertragsunterschiedes ( $\sigma$ ) des Durchschnittsertrags niedriger. Der Grenzdeckungsbeitrag der Marginalkultur lautet daher:

$$\partial DB_m = p_m * (y_m - \sigma_m / 2) + prem_m - vk_m$$

$m$  Marginalkultur

Der Grenzdeckungsbeitrag der Marginalkultur ist also niedriger, weswegen die Grenzverwertung der Ackerfläche im linearen Optimierungsmodell überschätzt ist. Um die tatsächlichen Schattenpreise ( $\lambda_{(mod)}$ ) zu bestimmen, ist eine Korrektur der im Linearen Programmierungsmodell ( $\lambda_{(lp)}$ ) berechneten Schattenpreise vorzunehmen (RÖHM, 2001).

Der modifizierte Schattenpreis der Fläche ist um den halben Erlös der Ertragsvarianz der Marginalkultur niedriger, wie die folgende Formel zeigt:

$$\lambda_{land(mod)} = \lambda_{land(lp)} - y_m * p_m * \frac{\sigma_m}{2}$$

Das erste Axiom lautet, dass alle Grenzerlöse gleich hoch sind. Aus diesem Grund sind die Schattenpreise aller Beschränkungen der nichtmarginalen Kulturen um diesen Betrag noch anzupassen.

$$\lambda_{i(mod)} = \lambda_{i(lp)} + y_m * p_m * \frac{\sigma_m}{2}$$

Der modifizierte Schattenpreis jeder Kultur setzt sich nun aus dem kulturartspezifischen Schattenpreis, der dem linearen Optimierungsmodell entnommen wird, und aus dem entsprechenden Anpassungsterm der Marginalkultur zusammen. Eine Unterscheidung zwischen der Marginalkultur und den restlichen Kulturen ist nicht notwendig. Für die Kalkulation der Kalibrierungskoeffizienten bedeutet dies, dass zuerst die Marginalkultur kalibriert wird und anschließend die modifizierten Schattenpreise berechnet werden. Die Kalibrierung der Kulturen kann daher, nachdem der Anpassungsterm der Marginalkultur ermittelt ist, sofort mit folgenden Formeln vorgenommen werden:

$$\alpha_i = y_i + \frac{\lambda_{i(mod)}}{p_i} \quad \beta_i = \frac{\lambda_{i(mod)}}{p_i A_i}$$

Der kostenseitige Ansatz von HOWITT geht von steigenden Grenzkosten mit zunehmendem Anbauumfang der Kulturen aus. Bei der Kalibrierung wird jetzt nicht mehr unterstellt, dass der Ertrag mit zunehmendem Anbauumfang abnimmt, sondern die variablen Kosten mit zunehmendem Anbauumfang steigen. Die neue Deckungsbeitragsfunktion berücksichtigt die zunehmenden variablen Kosten mit den Parametern ( $\gamma_i$ ) und ( $\delta_i$ ). Die Einbindung der Kalibrierungsparameter in die nichtlineare Gesamtdeckungsbeitragsfunktion ist in der folgenden Gleichung dargestellt:

$$GDB = \sum_i (p_i y_i + p_m x_i - (\gamma_i + \delta_i x_i)) x_i$$

Die minimalen Produktionskosten ( $\gamma_i$ ) werden aus den Produktionskosten der Deckungsbeitragsrechnung und aus dem Schattenpreis der vorausgegangenen linearen Optimierung bestimmt. Hier sind die variablen Kosten ( $vk_i$ ) der Deckungsbeitragsrechnung um die Grenzkosten, die dem Schattenpreis ( $\lambda_i$ ) entsprechen, zu niedrig eingeschätzt. Die minimalen anfallenden Kosten jeder Kultur ( $\gamma_i$ ) berechnen sich aus der Differenz zwischen den variablen Kosten und dem Schattenpreis der Kultur

$$\gamma_i = vk_i - \lambda_i$$

Analog zum ertragsseitigen Ansatz erfolgt die Berechnung der Steigung der Grenzkostenkurve für den kostenseitigen Ansatz. Auch hier wird das unterdefinierte Gleichungssystem durch das zweite Axiom eindeutig lösbar. Die durchschnittlichen variablen Kosten ( $vk_i$ ) berechnen sich, indem die anbauunabhängigen (minimalen anfallenden) Kosten zum anbauumfangabhängigen Kostenterm addiert werden.

$$vk_i = \gamma_i + 2 * \delta_i * \frac{1}{2} A_i$$

$$vk_i = vk_i - \lambda_i + \delta_i A_i \text{ nach } \delta_i \text{ auflösen}$$

$$\delta_i = \frac{\lambda_i}{A_i}$$

Wie beim ertragsseitigen Ansatz besteht auch beim kostenseitigen Ansatz das Kalibrierungsproblem für die Marginalkultur. Die Grundlage für die Lösung findet sich in der mikroökonomischen Angebotstheorie. Die Angebotskurve entspricht in einem polypolistischen Markt der aggregierten Grenzkostenkurve aller Anbieter, da alle gewinnmaximierenden Anbieter die Angebotsmenge auf den Markt bringen, bei der die Grenzkosten mit dem Grenzerlös übereinstimmen. Die Berechnung der Steigung der Marginalkultur kann über die Angebotselastizität ( $\eta$ ) der Marginalkultur beschrieben werden (HOWITT, 1995a).

$$\partial DB_m = DB_m - vk_m / \eta$$

Analog zum ertragsseitigen Ansatz können beim kostenseitigen Ansatz, nachdem die Schattenpreise modifiziert worden sind, die Kalibrierungsparameter berechnet werden:

$$\gamma_i = vk_i - \lambda_{i(\text{mod})} \quad \text{und} \quad \delta_i = \frac{\lambda_{i(\text{mod})}}{A_i}$$

### 3.3.2.2 Vergleichende Bewertung der methodischen Ansätze

Das Agrarsektormodell soll für Berechnungen von verschiedenen Szenarien verwendet werden. Die unterschiedlichen Vorgehensweisen bei der Berechnung der Kalibrierungsparameter führen zu einer methodenspezifischen nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktion. Die unterschiedliche Berechnung der Kalibrierungskoeffizienten spiegelt sich auch in dem nicht übereinstimmenden Verlauf der Grenzdeckungsbeitragsfunktionen wider (RÖHM, 2001). Die Tabelle 13 verdeutlicht den Unterschied zwischen den beiden Kalibrierungsmethoden, indem mit einfachen Szenarien die Auswirkungen auf den Funktionsverlauf der Zielfunktion aufgezeigt werden.

**Tabelle 13: Vergleich der ertrags- und kostenseitigen Kalibrierungsmethode nach Howitt**

|                                  | ertragsseitige Kalibrierung   | kostenseitige Kalibrierung   |
|----------------------------------|---|--|
| Gesamtdeckungsbeitragsfunktion   | $\sum_i (p_i(\alpha_i - \beta_i X_i) + prem_i - vk_i) X_i$              | $\sum_i (p_i y_i + prem_i - (\gamma_i + \delta_i X_i)) X_i$                |
| Grenzdeckungsbeitragsfunktion    | $p_i(\alpha_i - 2\beta_i X_i) + prem_i - vk_i$                          | $p_i y_i + prem_i - (\gamma_i + 2\delta_i X_i)$                            |
|                                  | Änderung der Grenzdeckungsbeitragsfunktion                              |  |
| Preisänderung um den Betrag $v$  | Steigung:<br>ändert sich um Faktor $v/p_i$                              | Steigung:<br>keine Auswirkung<br>y-Achsenabschnitt:<br>Verschiebung um $v$ |
| Kostenänderung um den Betrag $k$ | Steigung: keine Auswirkung<br>y-Achsenabschnitt:<br>Verschiebung um $k$ | Steigung: ändert sich um Faktor $k/c_i$                                    |

Quelle: Röhm (2001), Umstätter (1999b), eigene Darstellung (2003)

Bei Szenarienrechnungen werden in der Regel Preise, Erträge, Kosten und Prämien verändert, um Anpassungsreaktionen zu untersuchen. Die Tabelle 13 verdeutlicht, dass eine Preisänderung unterschiedliche Auswirkungen auf den Verlauf der Grenzdeckungs-

beitragsfunktion hat: Bei einer ertragsseitigen Kalibrierung ändert sich die Steigung der Grenzdeckungsbeitragsfunktion, während sich bei der kostenseitigen Kalibrierungsmethode der y-Achsenabschnitt verschiebt. Eine Änderung der Kosten um den Betrag  $v$  führt bei der ertragsseitigen Kalibrierung zu einer Verschiebung des y-Achsenabschnittes, wobei sich bei einer kostenseitigen Kalibrierung die Steigung ändert. Die beiden Kalibrierungsmethoden führen daher bei den Szenarien zu unterschiedlichen Ergebnissen. In den Szenarien unterscheidet sich sowohl der Anbauumfang der Kulturen als auch der ermittelte Gesamtdeckungsbeitrag aufgrund der unterschiedlichen Kalibrierung.

Bei der Kalibrierung nach den Howitt-Methoden treten auch methodische Probleme auf, welche auf die Marktordnungsregeln zurückzuführen sind (RÖHM, 2001). Im Rahmen dieser Regelungen sind die Landwirte, die für mehr als 92 t Getreide Prämien beantragen, verpflichtet, 10 % ihrer preisausgleichsberechtigten Fläche still zu legen. Das Stilllegungsverfahren stellt in der Regel das unrentabelste Produktionsverfahren dar. Entsprechend kann nicht davon ausgegangen werden, dass der Grenzdeckungsbeitrag der Flächenstilllegung mit dem Grenzdeckungsbeitrag der sonstigen Kulturen übereinstimmt. Vielmehr ist ohne die Berücksichtigung der Flächenstilllegung die Grenzverwertung der Ackerfläche höher einzuschätzen. Entsprechend sollte das Produktionsverfahren Flächenstilllegung nicht zur Bestimmung des Schattenpreises der Ackerfläche mit einbezogen werden, sofern davon ausgegangen werden kann, dass eine freiwillige Flächenstilllegung nicht stattfindet (RÖHM, 2001).

Ein weiteres Problem betrifft die Stilllegung bei einer ertragsseitigen Kalibrierung. Da die Flächenstilllegung kein Produktionsverfahren darstellt, bei dem die Erträge verwertet werden dürfen, scheidet die ertragsseitige Kalibrierung nach Howitt aus. Lediglich der kostenseitige Ansatz kann zur Bestimmung des Kurvenverlaufs herangezogen werden. Mit zunehmender Flächenstilllegung sind steigende Opportunitätskosten wahrscheinlich, die eine kostenseitige Kalibrierung der Flächenstilllegung erforderlich machen.

Bei der Bestimmung des Anpassungstermes der Marginalkultur muss sorgfältig vorgegangen werden, da der Anpassungsterm der Marginalkultur die Kalibrierungsparameter der restlichen Kulturen mitbestimmt. Eine fehlerhafte Kalkulation des Anpassungstermes der Marginalkultur führt zu einer fehlerhaften Berechnung der Steigungsparameter der nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktionen. Der Fehler wirkt sich um so größer aus, je

größer der Anbauumfang der Marginalkultur ist bzw. je größer der Unterschied der Vorzüglichkeit zwischen der Marginalkultur und den übrigen Kulturen ist. Die vorgeschlagenen Methoden nach HOWITT sind zwar methodisch korrekt, aber, zumindest was den kostenseitigen Ansatz betrifft, nur sehr schwer durchzuführen, da in sehr seltenen Fällen eine geeignete Datengrundlage für die Kalibrierung der Marginalkultur verfügbar ist. RÖHM (2001) schlägt daher in seiner Arbeit einen Faktor in Höhe von 5 % des Deckungsbeitrages der Marginalkultur vor. Sein Vorgehen begründet er damit, dass der Anbauumfang der Marginalkultur in seinen Untersuchungsgebieten sehr niedrig ist und von daher nur geringe Ertragsschwankungen bzw. Kostenänderungen auftreten können. Dieses pragmatische Vorgehen scheint eine geeignete Lösung für die Kalibrierungsproblematik der Marginalkulturen zu sein. Die Fehler, die durch diese Art der Kalibrierung entstehen, sind gering einzuschätzen, da der Grenzdeckungsbeitrag der Marginalkultur über dem Grenzdeckungsbeitrag des Flächenstilllegungsverfahrens sein muss, damit die Konsistenz des Ansatzes erhalten bleibt.

In der zuvor geschilderten Beschreibung ist nicht auf das Aggregationsproblem eingegangen worden. Mit der Positiven Quadratischen Programmierung lassen sich Ertragsvariationen und zunehmende Kosten in die Formulierung der Zielfunktionen integrieren. Sie bietet also die Möglichkeit, den Aggregationsfehler, der durch die heterogenen Flächenqualitäten innerhalb einer aggregierten räumlichen Einheiten entsteht, zumindest approximativ in das Modell zu integrieren. Mit dem kostenseitigen Ansatz besteht die Möglichkeit, ungleiche Produktionskosten näherungsweise zu berücksichtigen.

Schwächen, die auch herkömmliche lineare Programmierungsmodelle aufweisen, zeigt dieser Ansatz bei der Darstellung unterschiedlicher Betriebstypen im Untersuchungsgebiet. Die Aggregationsprobleme, die bei der Bildung eines Regionshofes entstehen, können mit diesem Ansatz nicht vollständig überwunden werden. Nach DAY (1963) bewirkt der Aggregationsfehler eine überoptimale Anpassung des linearen Programmierungsmodells bei Szenarienrechnungen, wie sie in der Realität nicht auftreten. So haben z.B. einzelne Produktionsbeschränkungen auf die Gesamtregion in der Regel geringere Auswirkungen, wobei es bei einigen Betrieben aufgrund der einseitigen Produktionsspezialisierung bis zur Produktionseinstellung kommen kann, weil die Produktion nicht mehr rentabel ist. Ebenso muss bei der Darstellung berücksichtigt werden, dass viele umweltpolitische Indikatoren auf einzelbetrieblicher Ebene definiert sind. So kann ohne eine entsprechende Formulie-

rung ein intensiver Veredlungsbetrieb innerhalb einer Ackerbauregion, in der vor allem Marktfruchtbetriebe vorkommen, die auferlegten Beschränkungen (z.B. ein Viehbesatzgrenze) innerhalb des Modells erfüllen. Der gleiche Betrieb kann in einer Region mit einer hohen Viehbesatzdichte die Beschränkungen nur bei einer Reorganisation des Betriebes erfüllen. Eine Anpassung der Produktion wird daher im Regionshofmodell stattfinden. Ebenso können Probleme, die durch das Konzept der Regionshöfe auftreten, bei agrar- und umweltpolitischen Szenarien, die an einzelbetriebliche Gegebenheiten anknüpfen, durch nichtlineare Modellformulierungen nicht überwunden werden.

### 3.3.3 Weiterentwicklungen der Positiven Quadratischen Programmierung

#### 3.3.3.1 Kombination des ertrags- und kostenseitigen Ansatzes nach Howitt

HOWITT (1995a) stellte den ertrags- und kostenseitigen Ansatz unabhängig voneinander vor. Eine Kombination beider Ansätze führte er nicht durch. Nach RÖHM (2001) sprechen verschiedene Gründe für eine Kombination dieser beiden Ansätze. Ausgehend von der allgemeinen Formel der Positiven Quadratischen Programmierung wird die Kombination der beiden Ansätze vorgestellt.

Im kostenseitigen Ansatz werden die zunehmenden variablen Kosten durch  $vk_i = \gamma_i + \delta_i X_i$  berücksichtigt. Der abnehmende Ertrag wird in Abhängigkeit vom Anbauumfang nach dem ertragsseitigen Ansatz mit dem Term  $y_i = \alpha_i - \beta_i X_i$  abgebildet. Diese beiden Terme setzt man nun in die Zielfunktion ein. Das Ergebnis ist eine Deckungsbeitragsfunktion, die eine Kombination des ertragsseitigen und des kostenseitigen Ansatzes enthält.

$$GDB = \sum_i (p_i(\alpha_i - \beta_i X_i) + prem_i - (\gamma_i + \delta_i X_i)) X_i$$

Die Festlegung der Kalkulationsparameter wird im Folgenden erläutert, ohne den Anspruch auf einen vollständigen mathematischen Beweis zu erfüllen. In den folgenden Ausführungen werden zur Vereinfachung die modifizierten Schattenpreise  $\lambda_{i(mod)}$  als Schattenpreise  $\lambda_{iges}$  bezeichnet. Durch die Kombination beider Verfahren setzt sich der überschätzte Schattenpreis  $\lambda_{iges}$  aus der Überschätzung des Ertrages  $\lambda_{iy}$  und der

Unterschätzung der Kosten  $\lambda_{ic}$  zusammen. Mathematisch besteht zwischen den beiden überschätzten Schattenpreisen und dem Gesamtschattenpreis der Kultur die Beziehung:

$$\lambda_{iges} = \lambda_{iy} + \lambda_{ic}$$

$\lambda_{iges}$  Schattenpreis der Kultur  $i$

$\lambda_{iy}$  ertragsseitiger Anteil des Schattenpreises der Kultur  $i$

$\lambda_{ic}$  kostenseitiger Anteil des Schattenpreises der Kultur  $i$

Folglich ist nur der jeweilige Anteil des Schattenpreises für die Berechnung der entsprechenden Kalibrierungsparameter heranzuziehen. Das bedeutet, dass der ertragsseitige Schattenpreisanteil für die Berechnung der ertragsseitigen Kalibrierungsparameter eingesetzt wird. Analog wird bei der kostenseitigen Kalibrierung vorgegangen. Die modifizierte Berechnung der ertragsabhängigen Anpassungskoeffizienten lässt sich daher aus der bisherigen Berechnung folgendermaßen ableiten:

$$\text{bisher: } \alpha_i = y_i + \frac{\lambda_i}{p_i} \quad \text{kombiniert: } \alpha_i = y_i + \frac{\lambda_{iges} - \lambda_{ic}}{p_i}$$

$$\text{bisher: } \beta_i = \frac{\lambda_i}{p_i A_i} \quad \text{kombiniert: } \beta_i = \frac{\lambda_{iges} - \lambda_{ic}}{p_i A_i}$$

Die Berechnung der kostenabhängigen Anpassungskoeffizienten wird mit folgenden Formeln vorgenommen:

$$\text{bisher: } \gamma_i = vk_i - \lambda_i \quad \text{kombiniert: } \gamma_i = vk_i - (\lambda_{iges} - \lambda_{iy})$$

$$\text{bisher: } \delta_i = \frac{\lambda_i}{A_i} \quad \text{kombiniert: } \delta_i = \frac{\lambda_{iges} - \lambda_{iy}}{A_i}$$

Durch die Kombination beider Verfahren ist das Gleichungssystem unterbestimmt. Es muss im Folgenden bestimmt werden, welcher Anteil des Gesamtschattenpreises der Kultur auf der Ertragsabnahme bzw. der Kostensteigerung beruht. Häufig sind die ertragsbedingten Effekte größer als die kostenbedingten Effekte. So fällt ein großer Anteil der variablen Produktionskosten unabhängig vom Anbauumfang an, wie die Kosten der Bodenbearbeitung, Aussaat und Ernte. Lediglich im Bereich der Bestandspflege nehmen

die Ausgaben für Pflanzenschutzmittel durch den höheren Infektionsdruck zu. Der Düngemittelverbrauch steigt durch die einseitige Nährstoffaufnahme und die Abnahme der Bodenfruchtbarkeit mit dem zunehmenden Monokulturanbau ebenfalls an. Gleichzeitig können durch den zunehmenden Anbauumfang einzelner Kulturen auch Skaleneffekte auftreten, die die zunehmenden Kosten bei steigendem Anbauumfang abschwächen. Sie treten nicht nur im landwirtschaftlichen Betrieb auf, sondern sie werden auch beim Landhandel durch den billigeren Zukauf von Produktionsmitteln bzw. Kosteneinsparung bei der Erfassung realisiert (OHLHOFF, 1987). Für die Bestimmung des Maximalertrages können die Landessortenversuche herangezogen werden. Hier werden alle wichtigen Kulturen im Hinblick auf ihr Ertragspotential getestet. Aus diesen Versuchen lässt sich zumindest der Maximalertrag ableiten. Dass die Maximalerträge auch unter Wahrung der Annahme, dass alle Grenzdeckungsbeiträge übereinstimmen, in die Kalibrierung aufgenommen werden können, wird bezweifelt. Vielmehr ist zu vermuten, dass die relative Differenz zwischen Maximalertrag und Durchschnittsertrag zur Bestimmung des jeweiligen Kalibrierungsanteils des entsprechenden Ansatzes beiträgt. Eine endgültige Bestimmung des ertragsseitigen bzw. kostenseitigen Kalibrierungsanteiles kann noch nicht durchgeführt werden. Vielmehr soll im Rahmen einer Ex-Post-Analyse geprüft werden, wie die Anteile des kostenseitigen und ertragsseitigen Ansatzes zu bestimmen sind. Konsequenterweise werden daher beide Ansätze in das zu erstellende Modell integriert.

### *3.3.3.2 Kalibrierung von Produktionsverfahren mit unterschiedlichen Intensitäten*

Diese Arbeit wird zur Analyse verschiedener agrarpolitischer Szenarien, die dem Gewässerschutz dienen, eingesetzt. Unter anderem werden verschiedene Instrumente, die eine extensive Landbewirtschaftung fördern sollen, in diesem Modell auf ihre Wirkung untersucht.

Der bisherige Ansatz, der nur Kulturen unterscheidet, ist für die Analyse verschiedener Verfahrensalternativen einer Kultur nicht geeignet. Die Veränderung der Wettbewerbsfähigkeit einer Intensitätsstufe führt in der Realität zu einer größeren Verschiebung der Anteile der einzelnen Intensitätsstufen innerhalb der Kultur, was mit der Teilnahmebereitschaft der Landwirte an den Agrarumweltprogrammen belegt werden kann. Die Wettbewerbsverhältnisse von Produktionsverfahren werden nach der Theorie der betriebswirtschaftlichen Verwandten von weiteren Faktoren mitbestimmt (WEINSCHENCK,

1954; WOERMANN, 1954). Nach dieser Theorie wird die Wettbewerbsfähigkeit eines Produktionsverfahrens vom Deckungsbeitrag der Kultur und dem innerbetrieblichen Wert bestimmt (DABBERT, 1992). Entsprechend des Anspruchs an fixe Produktionsfaktoren wird von Verwandtschaftsverhältnissen ersten, zweiten oder höheren Grades gesprochen. Verwandtschaftsverhältnisse ersten Grades unterscheiden sich hinsichtlich der fixen Faktoransprüche sowie bei den innerbetrieblich produzierten Produktionsfaktoren kaum, was einen Austausch der praktizierten Produktionsverfahren durch andere Verfahren mit Verwandtschaftsverhältnissen ersten Grades sehr leicht ermöglicht. Die Intensität der Produktionsverfahren kann sehr leicht variiert werden, da die fixen Faktoransprüche nahezu identisch sind; lediglich die Deckungsbeiträge können variieren. Bei Intensitätsanpassungen, wie sie im Rahmen von Agrarumweltprogrammen angeboten werden, sollen nach den gesetzlichen Bestimmungen die Ertragsausfälle kompensiert werden. Damit kann also erklärt werden, warum Landwirte in erster Linie die Produktionsintensität und erst in zweiter Linie das Kulturartenspektrum ändern RÖHM & DABBERT (2003) erkannten die Schwierigkeiten und erweiterten die Ansätze von HOWITT.

Der intensitätsabhängige Ansatz benötigt eine weitere Nebenbedingung im Linearen Optimierungsmodell. Eine Kulturartenbegrenzung für einzelne Intensitätsstufen wird eingeführt und im zweiten Schritt wird eine zusätzliche Bedingung eingeführt, die den Anbauumfang der einzelnen Kulturen begrenzt (RÖHM & DABBERT, 2003):

$$\sum_v A_{i,v} \geq \sum_v X_{i,v}$$

$A_{i,v}$  beobachteter Anbauumfang  $A$  der Kultur  $i$  in der Produktionsintensität  $v$

Der Deckungsbeitrag eines Produktionsverfahrens setzt sich im linearen Programmierungsmodell aus dem Schattenpreis der Ackerfläche, dem kulturartspezifischen Schattenpreis  $\lambda_i$  und dem Schattenpreis der jeweiligen Intensitätsstufe  $\lambda_{i,v}$  zusammen.

Für die Konsistenz des Modells ist weiterhin die Einhaltung der Grundprämissen erforderlich. Im Referenzjahr entsprechen die Durchschnittsdeckungsbeiträge der Kulturen des nichtlinearen Modells dem Deckungsbeitrag des linearen Programmierungsmodells. Die Grenzdeckungsbeiträge im nichtlinearen Modell sind bei allen Produktionsverfahren gleich hoch. Bisher konkurrierten die einzelnen Kulturarten um die Anbaufläche. Mit der

erweiterten Kalibrierung stehen zusätzlich verschiedene Intensitätsstufen einer Kulturart miteinander im Wettbewerb. Die Berechnung des Gesamtdeckungsbeitrages erfolgt im vorausgehenden Kapitel mit der Formel:

$$GDB = \sum_i (p_i(\alpha_i - \beta_i X_i) + prem_i - (\gamma_i + \delta X_i)) X_i$$

Entsprechend wird die Berechnung des intensitätsabhängigen Deckungsbeitrages nach der gleichen Formel vorgenommen. Der intensitätsabhängige Gesamtdeckungsbeitrag  $GDB_{i(v)}$  der Kultur  $i$  lautet nun:

$$GDB_{i(v)} = \sum_v (p_v(a_v - \beta_v X_v) + prem_v - (\gamma_v + \delta_v X_v)) X_v$$

Damit zwischen intensitätsabhängiger und kulturabhängiger Kalibrierung unterschieden werden kann, werden die Parameter  $\beta_v$  durch  $\phi_v$  bzw.  $\delta_v$  durch  $\varphi_v$  ersetzt, damit erhält man folgende Funktion:

$$GDB_{i(v)} = \sum_v (p_v(a_v - \phi_v X_v) + prem_v - (\gamma_v + \varphi X_v)) X_v$$

Der Deckungsbeitrag des intensitätsabhängigen Produktionsverfahrens ergibt sich damit aus dem Deckungsbeitrag der entsprechenden Intensität und dem Deckungsbeitrag der Kultur.

$$GDB_{i,v} = GDB_i + GDB_{i(v)}$$

Im nächsten Schritt werden die intensitätsspezifische und die kulturartspezifische Gesamtdeckungsbeitragsfunktion in die Gesamtdeckungsbeitragsfunktion eingesetzt. Das Ergebnis ist die Gesamtdeckungsbeitragsfunktion aller Kulturen mit den entsprechenden Intensitäten:

$$GDB = \sum_i \left[ \begin{aligned} &(p_i(\alpha_i - \beta_i X_i) + prem_i - (\gamma_i + \delta_i X_i)) X_i \\ &+ \sum_v (p_v(\alpha_v - \phi_v X_v) + prem_v - (\gamma_v + \varphi_v X_v)) X_v \end{aligned} \right]$$

Da die Summe der Anbauumfänge der einzelnen Verfahren den Anbauumfang der Kultur ergibt gilt:

$$\sum_v X_{i,v} = X_i \quad \text{bzw.} \quad \sum_v A_{i,v} = A_i$$

Da Preis, Prämien, Maximalertrag bzw. minimale Kosten produktionsverfahrensspezifisch vorliegen, können durch Umformung die verfahrensspezifischen Parameter mit den kulturspezifischen Parametern verknüpft werden:

$$GDB = \sum_{i,v} \left[ \begin{aligned} &(p_{i,v}(\alpha_{i,v} - \beta_i \sum_v X_{i,v} - \phi X_{i,v}) + prem_{i,v}) \\ &- (\gamma_{i,v} + \delta_i \sum_v X_{i,v} + \varphi X_{i,v}) X_{i,v} \end{aligned} \right]$$

Bei der erweiterten Kalibrierungsmethode setzt sich der Gesamtschattenpreis eines Produktionsverfahrens  $\lambda_{iv}$  aus dem kulturspezifischen Schattenpreis  $\lambda_i$  und dem intensitätsspezifischen Schattenpreis  $\lambda_{i,v}$  zusammen.

$$\lambda_{iv} = \lambda_i + \lambda_{i,v}$$

Entsprechend sind die Schattenpreise der ertragsbedingten Überschätzung und die Schattenpreise der unterschätzten Kosten zu verändern. Der Schattenpreis eines Produktionsverfahrens lässt sich nun in vier einzelne Schattenpreise aufteilen:

- |  |                   |
|--|-------------------|
| 1. ertragsbedingter Schattenpreis der Kultur     | $\lambda_{i,y}$   |
| 2. kostenbedingter Schattenpreis der Kultur      | $\lambda_{i,c}$   |
| 3. ertragsbedingter Schattenpreis des Verfahrens | $\lambda_{i,v,y}$ |
| 4. kostenbedingter Schattenpreis des Verfahrens  | $\lambda_{i,v,c}$ |

Die Kalibrierung des Funktionsverlaufes einer Kultur teilt sich nun in zwei Abschnitte auf:

- Kalibrierung des kulturbedingten Funktionsverlaufes
- Kalibrierung des verfahrensbedingten Funktionsverlaufes.

Die Berechnung der Parameter für die nichtlineare Deckungsbeitragsfunktion erfolgt indem der Schattenpreis des Produktionsverfahrens ( $\lambda_{iv}$ ) jeweils in den kostenseitigen und ertragsseitigen Anteil aufgeteilt werden:

$$\text{kostenseitig: } \lambda_{ivc} = \lambda_{i,c} + \lambda_{i,v,c} \qquad \text{ertragsseitig: } \lambda_{ivy} = \lambda_{i,y} + \lambda_{i,v,y}$$

Die Kalibrierung des verfahrensspezifischen ertragsseitigen maximalen Deckungsbeitrags der Kultur ( $i$ ) mit der Produktionsintensität ( $v$ ) setzt sich aus der Summe des verfahrensspezifischen und des kulturabhängigen Maximalertrags ( $a_{i,v}$ ) zusammen.

$$\alpha_{i,v} = y_{i,v} + \frac{\lambda_{i,y} + \lambda_{v,y}}{p_{i,v}}$$

Um minimale Kosten zu bestimmen, wird eine analoge Vorgehensweise verfolgt.

$$\gamma_{i,v} = vk_{i,v} - (\lambda_{i,c} + \lambda_{i,v,c})$$

Eine Steigung muss sowohl für die Kultur als auch für das Verfahren berechnet werden. Die Berechnung der ertragsabhängigen Steigungsparameter erfolgt für die Kultur bzw. das Verfahren mit den nachfolgenden Gleichungen:

Kulturspezifische Steigung:

$$\beta_i = \frac{\lambda_{i,y}}{p_{i,v} * \sum_v A_{i,v}}$$

Verfahrensspezifische Steigung:

$$\phi_{i,v} = \frac{\lambda_{i,v,y}}{p_{i,v} * A_{i,v}}$$

Für den kostenbedingten Anteil gelten die Ausführungen entsprechend.

Kulturspezifische Steigung:

$$\delta_i = \frac{\lambda_{i,c}}{\sum_v A_{i,v}}$$

Verfahrensspezifische Steigung:

$$\varphi_{i,v} = \frac{\lambda_{i,v,c}}{A_{i,v}}$$

Die erweiterte Kalibrierungsmethode führt zu veränderten Anpassungsreaktionen bei Szenarien. In der vorgestellten Kalibrierungsmethode ist in der Regel der intensitätsspezifische Schattenpreis kleiner als der kulturartspezifische Schattenpreis, weswegen die intensitätsspezifischen Steigungen in der Regel flacher als die kulturartspezifischen Steigungen sind. Bei einer Veränderung der Vorzüglichkeit einzelner Produktionsverfahren führt die verfahrensabhängige Kalibrierungsmethode vor allem zu einer Verschiebung des Anbauumfangs innerhalb der verschiedenen Verfahren einer Kultur (RÖHM, 2001). Bedingt durch die in der Regel größere Steigung der kulturspezifischen Kalibrierungsparameter sind nur geringe Änderungen des Anbauumfangs der Kultur zu verzeichnen. Daher führt diese Kalibrierungsmethode hauptsächlich zu einer Anpassung der Intensitätsstufe. Das Kulturartenverhältnis ändert sich nicht so erheblich wie bei der Standardkalibrierung.

#### *3.3.3.3 Ökonometrisch basierte Spezifikationen von Programmierungsmodellen*

Die vorgestellten Kalibrierungsmethoden haben eine unterschiedliche Wirkung auf die Verläufe der Zielfunktionen und die Ergebnisse der Szenarienberechnungen (UMSTÄTTER, 1999b). Zur Zeit entwickelt die Forschung geeignete Entscheidungskriterien für die Spezifikation der nichtlinearen Funktionsformen (HECKELEI, 1999). Vorrangig handelt es sich dabei um ökonometrische Methoden, die zur Spezifikation der nichtlinearen Funktionsverläufen herangezogen werden.

Ein Verfahren für die Bestimmung der nichtlinearen Funktionsverläufe wird von PARIS und HOWITT vorgestellt (PARIS ET AL., 1998). Sie verwenden Maximum Entropy zur Bestimmung des Verlaufs der Grenzkostenkurven. Maximum Entropy wird zur Bestimmung von Parametern eingesetzt, bei denen die Anzahl der zu schätzenden Parameter die Anzahl der Beobachtungen überschreitet. Eine weitere Möglichkeit ist die Bestimmung der Kalibrierungsparameter mit der Verwendung von Inputallokationen auf Basis von Produktionsfunktionen, wie sie HOWITT mit dem PMP-Constant Elasticity of Substitution Funktion (CES)-Ansatz vorgenommen hat (HOWITT, 1995b). Ferner stellen HECKELEI ET AL. (2002) eine Methode vor, die eine Bestimmung des nichtlinearen Funktionsverlaufs mit der Allokation fixer Faktoren auf Basis von Gewinnfunktionen ermöglicht.

#### *3.3.3.4 Bewertung der weiterentwickelten Formen*

Die vorgestellten weiterentwickelten Methoden der Positiven Quadratischen Programmierungen weisen in verschiedene Richtungen. Während bei RÖHM (2001) die Berechnung der Steigungen der Marginalkultur auf Plausibilitätsüberlegungen beruht, versuchen andere Autoren zusätzliche Informationen, die durch ökonometrische Verfahren gewonnen werden, in die Spezifikation der nichtlinearen Programmierungsmodelle einzubeziehen.

Die Bestimmung der Kalibrierungsparameter für die Marginalkultur nach der von RÖHM vorgestellten Methode zeichnet sich durch ihre einfache Handhabung aus, kann aber den Verlauf der nichtlinearen Deckungsbeitragsfunktionen keineswegs statistisch belegen. Die Festlegung der Kalibrierungsparameter für die Marginalkultur beeinflusst die Werte aller Kalibrierungsparameter. Konsequenterweise wird dadurch das Reaktionsverhalten des Modells beeinflusst.

Die Festlegung des Kalibrierungsparameters der Marginalkultur nimmt RÖHM aufgrund verschiedener logischer Überlegungen vor. So nimmt er an, dass die Flächenstilllegung das Marginalverfahren in einer Region darstellt, sofern der vorgefundene Anteil der Flächenstilllegung an der preisausgleichsberechtigten Fläche deutlich unter dem Mindeststilllegungssatz liegt. Mit dieser Annahme gelingt es RÖHM, eine Mindestverwertung der Ackerfläche zu bestimmen, wobei folgerichtig der Grenzdeckungsbeitrag der Marginalkultur größer ist als der Deckungsbeitrag der Flächenstilllegung. Da zwischen dem Deckungsbeitrag der Marginalkultur und dem Deckungsbeitrag der Flächenstilllegung kein großer Unterschied besteht, ist der Fehler, der durch die pauschale Festlegung der Kalibrierungsparameter für die Marginalkultur entsteht, gering.

Der Ansatz von RÖHM bietet trotz der Schwäche bei der Bestimmung der Kalibrierungsparameter für die Marginalkultur eine Reihe von Vorteilen. So können mit diesem Ansatz unterschiedliche Intensitäten sinnvoll in die Analyse einbezogen werden. Der vorgestellte Ansatz von RÖHM berücksichtigt zusätzlich das Phänomen der betriebswirtschaftlichen Verwandten, welches auch in der heutigen Landwirtschaft eine wichtige Rolle spielt.

Die ökonometrischen Methoden, die für die Spezifizierung der Kalibrierungsparameter verwendet werden, beruhen auf unterschiedlichen Ansätzen. Die Szenarioergebnisse sind bei gleichen Szenarien unterschiedlich, was auf die Kalibrierungsmethodik zurückzuführen

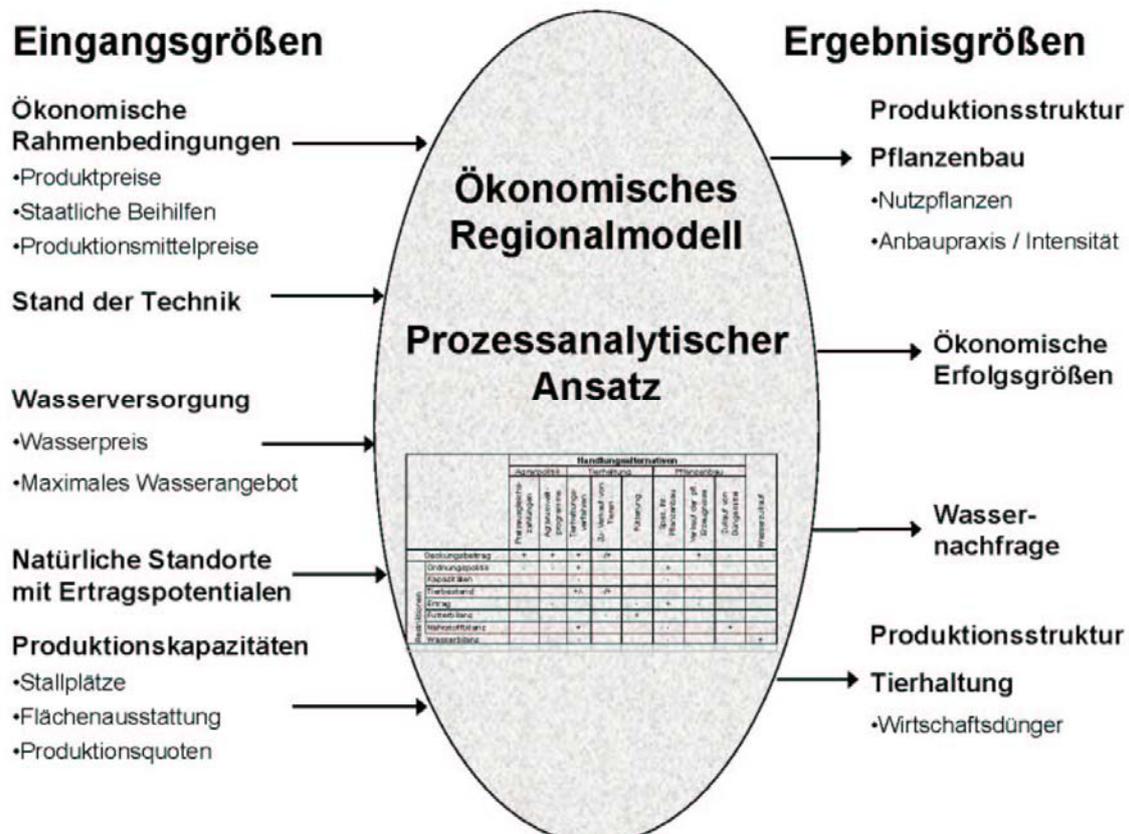
ist. Umfassende Erfahrungen mit ökonometrischen Ansätzen sind bisher noch nicht im ausreichenden Umfang gewonnen worden, weswegen eine abschließende Bewertung der Ansätze noch nicht vorgenommen werden kann. HECKELEI ET AL. (2002) fordern Untersuchungen, die sich mit A-priori-Informationen auseinandersetzen und deren Auswirkungen auf die Schätzqualität analysieren. Für die Bewertung der ökonometrisch ausgerichteten Methoden besteht derzeit noch erheblicher Forschungsbedarf, der im Rahmen dieser Arbeit nicht geleistet werden kann. Aus diesem Grund werden die ökonometrischen Ansätze in dieser Arbeit nicht weiter verfolgt, obwohl sie durchaus eine Alternative darstellen könnten.

### ***3.3.4 Zusammenfassende Darstellung des agrarökonomischen Modellkonzeptes***

Die Anforderungen des Decision-Support-Systems an das Agrarsektormodell sind sehr umfangreich. Aufgrund der Divergenz zwischen räumlicher Datengrundlage und räumlicher Auflösung setzt sich das agrarökonomische Modell aus zwei Modulen zusammen. Das erste Modul ist ein ökonomisches Regionalmodell, welches auf Landkreisebene ökonomische Berechnungen durchführt. Das zweite Modul ist ein Disaggregationstool, welches die Ergebnisse auf Proxelebene disaggregiert. Diese Arbeit befasst sich mit dem ökonomischen Regionalmodell; das Disaggregationstool wird in den folgenden Ausführungen nur noch aufgegriffen, sofern sich Auswirkungen auf das ökonomische Regionalmodell ergeben.

Der Datenaustausch zwischen den Modellen kann durch einen modularen Aufbau des Modells am einfachsten verwirklicht werden. Dabei befinden sich die Eingangsgrößen und die Ergebnisgrößen in unterschiedlichen Dateien. Die Abbildung 4 verdeutlicht den Aufbau und Datenfluss des agrarökonomischen Modells:

**Abbildung 4: Eingangs- und Ergebnisgrößen des prozessanalytischen ökonomischen Moduls**



Quelle: eigene Darstellung (2003)

Die Positive Quadratische Programmierung bildet die methodische Basis des nichtlinearen Programmierungsmodells. Eine abschließende Bewertung der beiden HOWITT-Ansätze konnte bei der Beschreibung der Ansätze noch nicht vorgenommen werden. Aus diesem Grund werden beide Ansätze in das Modell integriert, um anschließend mit einer Ex-Post-Analyse die Prognoseeigenschaft beider Ansätze bewerten zu können. Für die Analyse der Landnutzungsänderungen wird ein komparativ statischer Ansatz eingesetzt.

Als Programmiersprache für das agrarökonomische Modell wird die Modelliersprache GAMS herangezogen, da mit ihr ein modularer Modellaufbau möglich ist und die Programmiersprache den Einsatz von linearen und nichtlinearen Optimierungsalgorithmen ermöglicht (BROOKE ET AL., 1998). Ebenfalls ist die Steuerung des Modells mit der Programmiersprache Java ohne weiteres möglich.

## 4 Beschreibung des räumlich differenzierten prozessanalytischen Agrarsektormodells

### **4.1 Beschreibung der Produktionsverfahren**

#### *4.1.1 Produktionsverfahren im Ackerbau*

##### *4.1.1.1 Anbauspektrum und Ertrag der Kulturen*

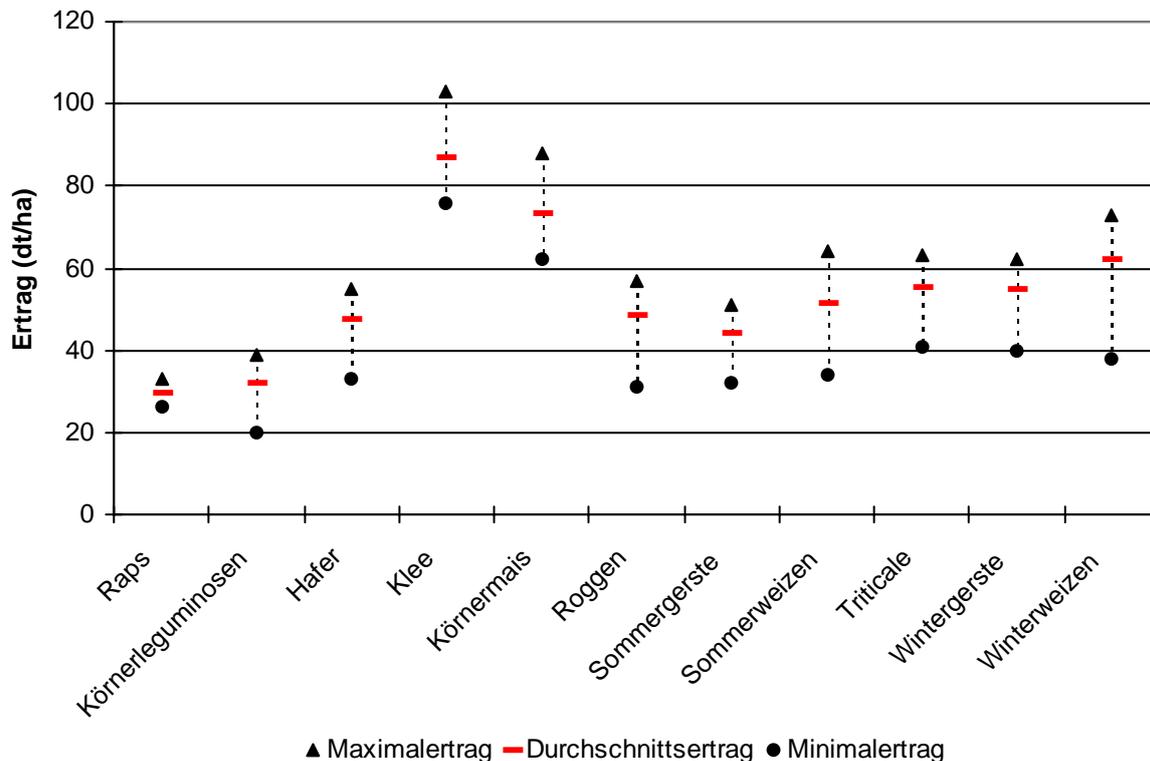
Als Datengrundlage für die Bestimmung des Anbauumfangs einzelner Kulturen in den jeweiligen Landkreisen dient die Bodennutzungshaupterhebung der Statistischen Landesämter des Basisjahres 1995. In der Anbauplanung werden nicht nur wirtschaftliche Faktoren berücksichtigt, sondern auch andere Rahmenbedingungen, wie zum Beispiel das Klima der jeweiligen Region.

Insgesamt werden im Untersuchungsgebiet über 20 verschiedene Ackerkulturen angebaut. Aufgrund einer unvollständigen Datengrundlage, was insbesondere Kulturen mit einem geringeren Anbauumfang betrifft, können nicht für alle Kulturen Produktionsverfahren definiert werden. Kulturen mit geringerem Anbauumfang bzw. Kulturen, die einer ähnlichen Verwertung zugeführt werden, werden zu Kulturgruppen zusammengefasst. So wird beispielsweise der Sonnenblumenanbau dem Rapsanbau zugerechnet, oder Ackerbohnen und Körnererbsen in dem Produktionsverfahren Hülsenfrüchte zusammengefasst. Stellvertretend für alle Obst- und Strauchbeerenverfahren wird der Apfelanbau als Produktionsverfahren formuliert. Im Produktionsverfahren Gemüsebau sind alle Gemüsekulturen sowie Erdbeeren integriert.

Die Erträge werden aus den Angaben der Statistischen Landesämter Bayern und Baden-Württemberg entnommen. Für die Definition der Produktionsverfahren ist es notwendig, sorgfältig erfasste Durchschnittserträge zur Verfügung zu haben um damit einmalige Ertragsschwankungen möglichst auszuschließen. Die Basiserträge des Modells werden daher aus dem Durchschnitt der Ertragsangaben aus den Jahren 1994 bis 1996 berechnet, weil die Erträge nicht nur eine große Bedeutung bei der Deckungsbeitragsrechnung, sondern zusätzlich auch einen Einfluss auf die Kalibrierungsparameter der nichtlinearen Gesamtdeckungsbeitragsfunktionen haben. Die Abbildung 5 zeigt die Durchschnittserträge im Untersuchungsgebiet sowie die jeweiligen Maximalerträge und Minimalerträge der

landwirtschaftlichen Kulturen in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes. Dabei zeigen sich große Ertragsunterschiede zwischen den einzelnen Landkreisen.

**Abbildung 5: Variation der Durchschnittserträge von landwirtschaftlichen Kulturen auf Landkreisebene im Einzugsgebiet der Oberen Donau**



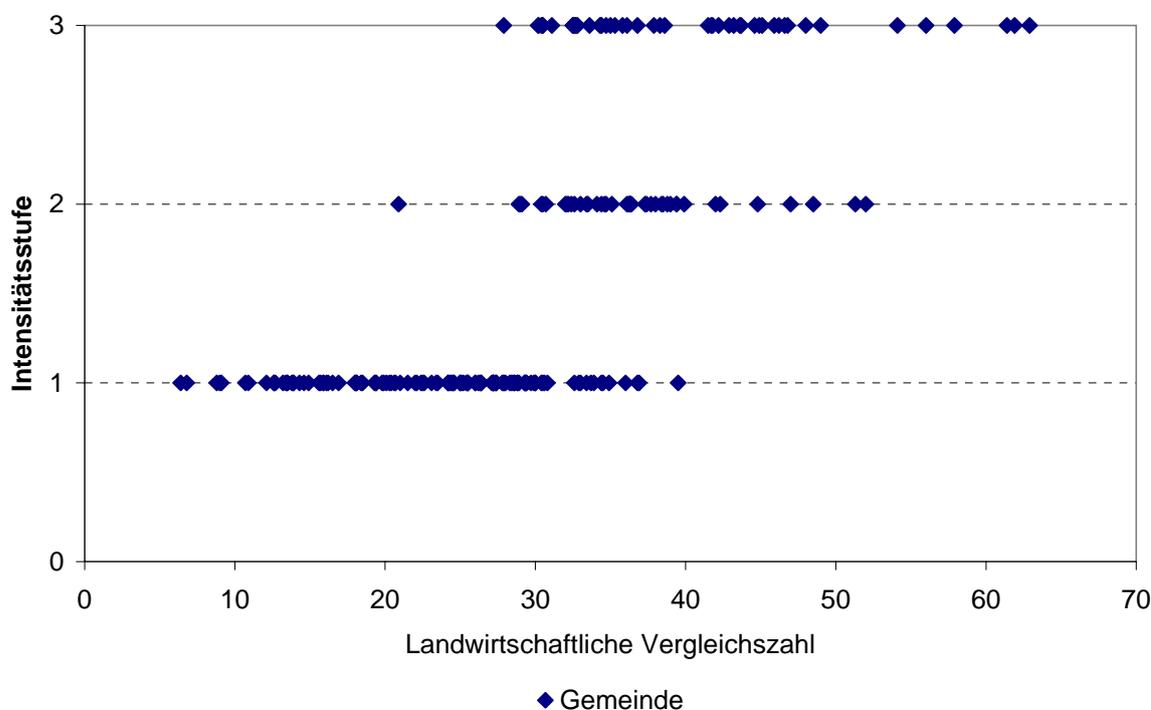
Quelle: Statistisches Landesamt Bayern (2001) und eigene Berechnungen

Die Ertragsunterschiede innerhalb der Kulturarten sind sehr ausgeprägt. Die Ertragsunterschiede sind auf unterschiedliche Bewirtschaftungsweisen der Landwirte im Untersuchungsgebiet zurückzuführen. Die Bewirtschaftungsweise richtet sich unter anderem nach der Ertragsfähigkeit des Standortes. So ist z.B. der Faktoreinsatz auf ungünstigen Produktionsstandorten niedriger, was sich in einem geringeren Ertragspotential niederschlägt.

Für die Definition der Produktionsverfahren mit den entsprechenden Produktionsintensitäten wurden die Ergebnisse eines Experteninterviews ausgewertet (HERRMANN, 2002). Die Expertenbefragung war ausgerichtet auf die Amtsleiter der Landwirtschaftsämter und deren Mitarbeiter im befragten Landkreis. Die Befragung ist in neun Landkreisen bzw. Landwirtschaftsamtbezirken des Projektgebietes durchgeführt worden.

In den Interviews wurde versucht, für die im jeweiligen Dienstbezirk verbreitetsten Kulturen die Produktionsintensitäten zu erfassen. Zunächst sind die Amtsleiter gebeten worden, die Produktionsverfahren in ihrem Amtsbezirk hinsichtlich Faktoreinsatz und Ertrag zu beschreiben. Anschließend ist den Experten eine Landkarte der einzelnen Gemeinden ihres Dienstbezirkes vorgelegt worden. Die Experten wurden gebeten, für jede Gemeinde die vorherrschende Produktionsintensität der Landwirtschaft festzulegen. Dabei hatten die Experten folgende Auswahlmöglichkeiten: intensiv, extensiv, oder, falls eine eindeutige Zuordnung nicht möglich war, gab es noch die Möglichkeit, die Gemeinde als Mischgebiet zu bezeichnen. In Mischgebieten ist das Verhältnis zwischen intensiven und extensiven Produktionsverfahren relativ ausgewogen. Die Ergebnisse der Expertenbefragung sind mit der landwirtschaftlichen Vergleichszahl der jeweiligen Gemeinde in Verbindung gebracht worden. Die Abbildung 6 gibt das Ergebnis der Zuordnung wieder, wobei 1 die extensive Variante, 2 das ausgewogene Verhältnis der Produktionsverfahren und 3 die intensive Produktionsweise kennzeichnet.

**Abbildung 6: Vergleich der Expertennennungen mit den Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen in den Gemeinden**

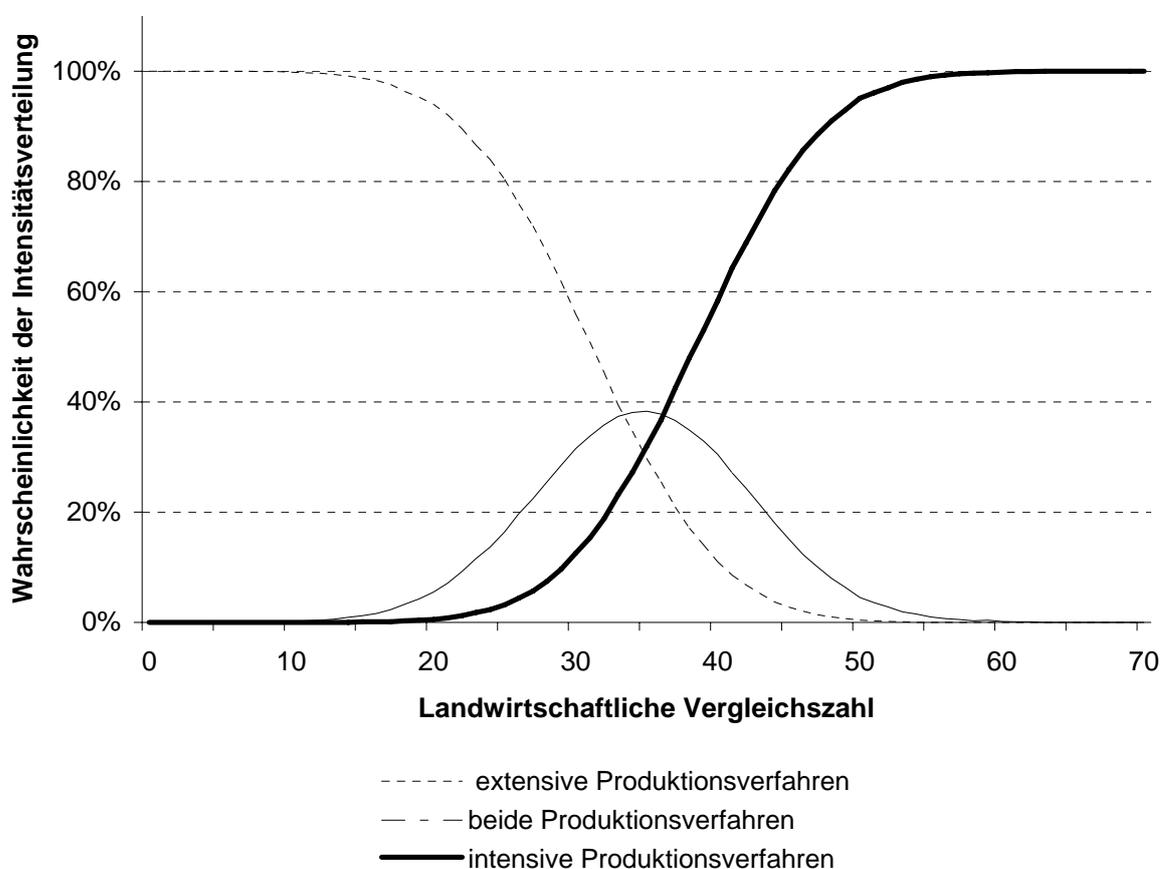


Quelle: eigene Erhebung (2003)

Das Diagramm zeigt, dass in Gemeinden mit einer Landwirtschaftlichen Vergleichszahl von unter 30 nur in 4 Gemeinden intensive Produktionsverfahren vorzufinden sind. Bei

Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen zwischen 30 und 40 sind in der Regel intensive und extensive Produktionsverfahren nahezu gleich verbreitet, während bei Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen über 40 intensive Produktionsverfahren vorherrschen. Für die untersuchten Landkreise wird aufgrund dieser Befragung die These aufgestellt, dass die Landwirtschaftliche Vergleichszahl als Indikator für die Bestimmung der Bewirtschaftungsintensität herangezogen werden kann. Diese These kann mit einem Probit-Modell überprüft werden. Probit-Modelle untersuchen den Zusammenhang zwischen verschiedenen unabhängigen Variablen, in diesem Fall die Landwirtschaftliche Vergleichszahl, auf eine abhängige kategoriale oder qualitative Variable, die der Intensitätseinschätzung der Experten entspricht (vgl. KENNEDY, 1997). Die Prüfgröße, das Pseudo-R<sup>2</sup> von 0,356 zeigt, dass ein Teil der Intensitätseinschätzung durchaus von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl abgeleitet werden kann. Die aufgestellte Hypothese wird bestätigt, dass die Landwirtschaftliche Vergleichszahl einen signifikanten Einfluss auf die Intensität der Landbewirtschaftung hat, durch den Likelihood-Ratio- $\chi^2$ -Test von 151,33. Die im Modell ermittelten Wahrscheinlichkeiten für die Intensitäten in Abhängigkeit von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl sind in der folgenden Abbildung dargestellt.

**Abbildung 7: Wahrscheinlichkeit der anzutreffenden Intensität der Landbewirtschaftung in Abhängigkeit von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl**



Quelle: eigene Berechnung und Darstellung (2003)

Die Graphik zeigt, dass bis zur Landwirtschaftlichen Vergleichszahl von 20 fast ausschließlich die extensive Variante der Produktionsverfahren durchgeführt wird. Bei einer landwirtschaftlichen Vergleichszahl zwischen 20 und 55 finden beide Produktionsverfahren statt, ab einer Landwirtschaftlichen Vergleichszahl von über 55 fast nur intensive Produktion.

Da die zehn Landkreise zufällig ausgewählt wurden und über das gesamte Untersuchungsgebiet verteilt sind, handelt es sich um eine repräsentative Auswahl. Entsprechend wird angenommen, dass die Intensitätsverteilung für das gesamte Untersuchungsgebiet zutreffend ist. In einem folgenden Schritt werden die Ergebnisse des Modells auf das Projektgebiet übertragen. Da nur zwei Produktionsintensitäten modelliert werden, wird die mittlere Intensitätsstufe je zur Hälfte dem extensiven bzw. intensiven Produktionsverfahren zugerechnet. Da sowohl die Landwirtschaftliche Vergleichszahl als auch die Anbauflächen

der Hauptkulturen auf Gemeindeebene vorliegen, kann für die Hauptkulturen der Anbauumfang der intensiven und extensiven Variante für jeden Landkreis berechnet werden:

$$A_{i,v,r} = \sum_{gem} A_{i,r,gem} * W_{(LVZ)gem,v}$$

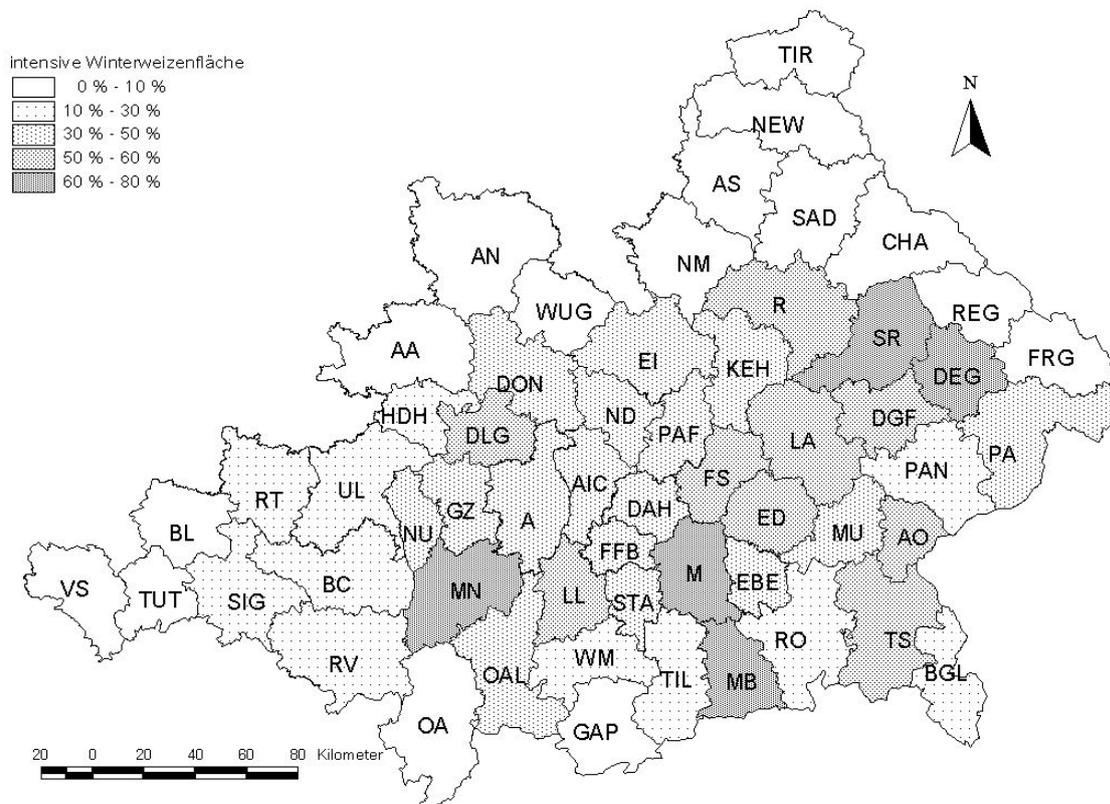
$A_{i,v,r}$  Anbauumfang der Kultur  $i$  mit dem Produktionsverfahren  $v$  im Landkreis  $r$

$A_{i,r,gem}$  Anbauumfang der Kultur  $i$  im Landkreis  $r$  in der Gemeinde  $gem$

$W_{(LVZ)gem,v}$  Wahrscheinlichkeit der Produktionsintensität  $v$  in Abhängigkeit der LVZ in der Gemeinde  $gem$

Mit dieser Vorgehensweise kann der Anbauumfang extensiver und intensiver Getreideproduktion in den jeweiligen Landkreisen bestimmt werden. Die Karte 5 zeigt exemplarisch den Anteil der intensiven Weizenanbaufläche im Projektgebiet.

**Karte 5: Anteil der abgeleiteten intensiven Weizenanbaufläche an der gesamten Weizenfläche in den Landkreisen**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Aus der Karte wird ersichtlich, dass die Landkreise Straubing, Deggendorf, München, Unterallgäu und Miesbach den höchsten Anteil an intensiver Weizenanbaufläche aufweisen. Die Einordnung der Landkreise Miesbach und Unterallgäu als intensive Weizenanbaugebiete erscheint zunächst nicht nachvollziehbar. Da sich der Weizenanbau in diesen zwei Landkreisen auf wenige Gemeinden mit hohen Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen konzentriert, wird davon ausgegangen, dass die Hypothese auch in diesen Landkreisen aufrechterhalten werden kann. Ein hoher Anteil extensiv produzierten Weizens ist an den Ackerbaugrenzstandorten des Bayerischen Waldes sowie in Baden-Württemberg auf der Schwäbischen Alb vorzufinden. Die guten Standorte im Tertiär-Hügelland weisen einen deutlich höheren Anteil an intensiver Weizenfläche auf, was aufgrund guten Standortbedingungen nachzuvollziehen ist. Die Ergebnisse der Klassifikation bilden damit im Wesentlichen die Erwartungen ab.

In einem nächsten Schritt werden aus den Durchschnittserträgen der Landkreise die intensitätsabhängigen Erträge abgeleitet. Hierfür werden mehrjährige Versuche der Bayerischen Landesanstalt für Bodenkultur und Pflanzenbau mit unterschiedlichen Intensitäten ausgewertet (LAB, 2000). Dabei handelt es sich um Versuche mit unterschiedlichen Intensitäten, die in der Regel in ganz Bayern unter standardisierten Bedingungen durchgeführt werden. Als Vergleichsbasis, um die Ertragseffekte zu erfassen, wird die relative Ertragsdifferenz extensiver bzw. intensiver Produktionsvarianten zum relativen Durchschnittsertrag berechnet.

**Tabelle 14: Relative Erträge wichtiger landwirtschaftlicher Kulturen bei unterschiedlichen Intensitäten**

| Kultur       | relativer Ertrag   |                   |
|--------------|--------------------|-------------------|
|              | extensive Variante | intensiv Variante |
| Wintergerste | 91                 | 113               |
| Winterroggen | 93                 | 112               |
| Triticale    | 95                 | 109               |
| Winterweizen | 93                 | 107               |
| Sommerweizen | 91                 | 109               |
| Sommergerste | 94                 | 110               |
| Körnermais   | 98                 | 102               |
| Silomais     | 96                 | 104               |

Quelle: LAB (2000) und eigene Berechnungen

Aus den Durchschnittserträgen, dem Anbauumfang der Kulturen bei den einzelnen Produktionsintensitäten und den relativen Erträgen werden die regionalen intensitätsabhängigen Erträge mit folgender Gleichung berechnet:

$$y_{i,r} = \sum_v y_{i,v,r} * A_{i,v,r} / A_{i,r}$$

$y_{i,r}$  Durchschnittsertrag  $y$  der Kultur  $i$  im Landkreis  $r$

$y_{i,v,r}$  Durchschnittsertrag der Kultur  $i$  mit der Produktionsintensität  $v$  im  
Landkreis  $r$

$A_{i,v,r}$  Anbauumfang des Produktionsverfahrens  $v$  der Kultur  $i$  im  
Landkreis  $r$

$A_{i,r}$  Anbauumfang der Kultur  $i$  im Landkreis  $r$

Diese Art der Berechnung führt dazu, dass mit steigenden Durchschnittserträgen in den Landkreisen die Ertragsunterschiede zwischen intensiver und extensiver Variante zunehmen. Dieser Sachverhalt ist auch in der landwirtschaftlichen Praxis zu beobachten. Auf schlechten Standorten sind in der Regel die Ertragsunterschiede zwischen intensiver und extensiver Variante weniger ausgeprägt, da hier die natürlichen Standortfaktoren das Ertragspotential der landwirtschaftlichen Kulturen limitieren.

Bei der Einteilung des Grünlandes in verschiedene Intensitätsklassen wird eine andere Vorgehensweise gewählt. Die Statistik weist verschiedene Nutzungsarten wie Wiesen, Weiden, Mähweiden, Streuwiesen und Almen aus. Entsprechend ihrer Ertragsfähigkeit wird jeder Nutzungsart der Ertrag aus den statistischen Angaben zugeordnet. Nur bei Wiesen ist diese Vorgehensweise unzureichend. Im Untersuchungsgebiet werden auf Wiesen nach Auskunft der Experten ein bis fünf Nutzungen durchgeführt. Die unterschiedliche Nutzungsintensität hat Auswirkungen auf die Erträge und den Nährstoffgehalt des gewonnenen Rauhfutters. Ein Indikator, der Auskunft über die Nutzungsintensität der Grünlandflächen gibt, ist die Teilnahmebereitschaft für die Grünlandprämie in Abhängigkeit vom Viehbesatz im Rahmen der Agrarumweltprogramme. Ein niedriger Viehbesatz hat in der Regel eine extensive Wiesenbewirtschaftung zur Folge, während ein hoher Viehbesatz ein Hinweis für eine intensive Wiesenbewirtschaftung ist. Informationen über den Umfang der intensiv bzw. extensiv bewirtschafteten Wiesen liefert der Umfang von geförderten Grünlandflächen im Rahmen der Agrarumweltprogramme.

Während für Baden-Württemberg die Ausgleichszahlungen und der Teilnahmeumfang für das Basisjahr 1995 auf Landkreisebene zur Verfügung stehen, sind für Bayern nur die Daten für das Jahr 1998 vorhanden. Die Teilnahmebereitschaft an Maßnahmen zur Grünlandextensivierung war von Beginn an außerordentlich hoch. In zahlreichen Untersuchungen wird belegt, dass die Teilnahmebereitschaft bei Agrarumweltprogrammen im Allgemeinen mit der Höhe der Mitnahmeeffekte korreliert (KAZENWADEL, 1999; BAUDOUX, 2000; ZEDDIES ET AL., 2000; KÜBLER, 1997). Entsprechend wird die Annahme getroffen, dass die Betriebe in Bayern bereits im Jahr 1995 nach den Förderungsbedingungen des aktuellen Programms wirtschafteten. Für jeden Landkreis kann daher der Anteil an extensiv und intensiv bewirtschafteter Grünlandfläche festgelegt werden. Die Vorgehensweise bestätigt sich auch beim prozessanalytischen Ansatz, in dem anschließend ein Großteil des Grünlandes bewirtschaftet wird. Eine Grünlandnutzung ohne die Berücksichtigung der Bewirtschaftungsintensität hat bei einigen Landkreisen zu keiner ausreichenden Futtergrundlage geführt, während bei anderen ein erheblicher Futterüberschuss zu verzeichnen war.

#### 4.1.1.2 Maschineneinsatz

Der erforderliche Maschineneinsatz wird für jedes pflanzenbauliche Produktionsverfahren aus den Kalkulationsunterlagen der LANDWIRTSCHAFTSBERATUNG MITTELFRANKEN (2000) entnommen. Für die Berechnung der variablen Maschinenkosten pro Hektar werden die Kalkulationsgrundlagen des KTBL (1995) verwendet. Abschreibungen werden bei der Berechnung der variablen Maschinenkosten nicht berücksichtigt, da die Schwelle der variablen Abschreibung der Maschinen aufgrund der kleinstrukturierten Betriebsgröße bei der Mehrheit der Betriebe nicht erreicht wird. Demzufolge wird auch die Annahme getroffen, dass die Maschinenkapazität kein begrenzender Faktor in den Regionshöfen ist. Die Maschinenausstattung wird nach den Haupterwerbsbetrieben ausgewählt. Die Kalkulation basiert auf einer durchschnittlichen Schlaggröße von zwei Hektar. Die variablen Maschinenkosten ( $MK$ ) eines Arbeitsganges ( $Ag$ ) setzen sich aus den variablen Kosten der Geräte ( $MK^{Gerät}_{(Ag)}$ ), die nach der Flächenleistung berechnet werden, sowie den Kosten für die Zugmaschine ( $MK^{Zugmaschine}_{(Ag)}$ ) zusammen, deren Berechnungsgrundlage die Stundenzahl ( $AZ_{(Ag)}$ ) ist. Die variablen Kosten in Abhängigkeit vom Arbeitsgang lassen sich mit folgender Gleichung berechnen:

$$MK_{(Ag)} = MK_{(Ag)}^{Gerät} + MK_{(Ag)}^{Zugmaschine} * AZ_{(Ag)}$$

In der Regel wird bei allen einjährigen Produktionsverfahren gepflügt. Die Aussaat von Getreide erfolgt mit einer Kreiseleggen-Sämaschinenkombination. Die Pflege und Düngung richtet sich nach der Intensitätsstufe: für die extensiven Getreideproduktionsverfahren sind zwei Düngungstermine und zwei Pflanzenschutzbehandlungen vorgesehen. Für die intensiven Getreideproduktionsverfahren sowie beim Kartoffel- und Zuckerrübenanbau werden jeweils drei Arbeitsgänge für Dünge- und Pflanzenschutzmaßnahmen als notwendig angesehen. Produktionsverfahren mit reduzierter Bodenbearbeitung werden nicht formuliert, da in Bayern und damit für einen Großteil des Untersuchungsgebietes keine regionalen Daten vorliegen. Nach Aussagen von Experten sind konservierende Produktionsverfahren in Bayern nur vereinzelt anzutreffen (HERRMANN, 2002). Im Modell wird zusätzlich zugrunde gelegt, dass die Erntearbeiten überbetrieblich organisiert sind. Für diese Arbeiten werden entsprechende Lohnsätze von Lohnunternehmen verwendet, die aus den Kalkulationsunterlagen des KTBL (1995) entnommen werden.

#### *4.1.1.3 Pflanzenschutz und Düngung*

Die Kosten für Pflanzenschutzmittel werden aus Kalkulationsunterlagen abgeleitet (KTBL, 1995; LANDWIRTSCHAFTSBERATUNG MITTELFRANKEN, 2000). Der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln unterscheidet sich in Abhängigkeit von der Intensität der Produktionsverfahren. In der extensiven Variante des Getreideanbaus werden nur ein Herbizid und ein Fungizid eingesetzt. Bei der intensiven Produktionsvariante wird der Einsatz von zwei Fungiziden sowie ein Wachstumsregulatoreinsatz angenommen. Bei den Hackfrüchten wird zusätzlich ein Insektizid eingesetzt. Für Winterraps, Handelsgewächse Zuckerrüben und Kartoffeln unterscheidet sich der Pflanzenschutzmittelaufwand zwischen den beiden Intensitäten nicht. Für die einzelnen Kulturen werden in Abhängigkeit der speziellen Intensität die in der Tabelle 15 aufgelisteten Pflanzenschutzmittelkosten angenommen.

**Tabelle 15: Kosten der Pflanzenschutzmittel in Abhängigkeit des Produktionsverfahrens**

|                   | extensive<br>Produktionsverfahren | Intensive<br>Produktionsverfahren |
|-------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Frühkartoffeln    | 236 €/ha                          | 236 €/ha                          |
| Gemüse            | 317 €/ha                          | -                                 |
| Hafer             | 34 €/ha                           | 37 €/ha                           |
| Handelsgewächse   | 130 €/ha                          | 130 €/ha                          |
| Hopfen            | 750 €/ha                          | -                                 |
| Körnerleguminosen | 107 €/ha                          | 107 €/ha                          |
| Körnermais        | 60 €/ha                           | 60 €/ha                           |
| Obst              | 750 €/ha                          | -                                 |
| Silomais          | 60 €/ha                           | 80 €/ha                           |
| Sommergerste      | 30 €/ha                           | 67 €/ha                           |
| Sommerweizen      | 134 €/ha                          | 162 €/ha                          |
| Spätkartoffeln    | 236 €/ha                          | 236 €/ha                          |
| Triticale         | 44 €/ha                           | 85 €/ha                           |
| Wintergerste      | 102 €/ha                          | 150 €/ha                          |
| Winterraps        | 131 €/ha                          | 131 €/ha                          |
| Winterroggen      | 40 €/ha                           | 134 €/ha                          |
| Winterweizen      | 134 €/ha                          | 162 €/ha                          |
| Zuckerrüben       | 250 €/ha                          | 250 €/ha                          |

Quelle: Landwirtschaftsberatung Mittelfranken (2000) und KTBL (1997)

Für die Düngung werden im Modell die drei Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kalium berücksichtigt. Der ertragsabhängige Nährstoffbedarf der Kulturpflanzen wird mit einer linearen Regression, die aus den ertragsabhängigen Nährstoffbedarfsempfehlungen des KTBL abgeleitet ist, berechnet (KTBL, 1995). Der Nährstoffbedarf setzt sich aus einer ertragsunabhängigen und einer ertragsabhängigen Komponente zusammen. Die ertragsabhängigen und ertragsunabhängigen Nährstoffbedarfsparameter für die Kulturen sind in Tabelle 16 aufgelistet.

**Tabelle 16: Parameter für die Nährstoffbedarfsermittlung in der Pflanzenproduktion**

| Kultur            | Nährstoffbedarf der Pflanzen         |     |     |  |     |      |
|-------------------|--------------------------------------|-----|-----|--|-----|------|
|                   | ertragsunabhängige Konstante (kg/ha) |     |     | ertragsabhängiger Faktor (kg/dt Ertrag des Erntegutes) |     |      |
|                   | N                                    | P   | K   | N  | P   | K    |
| Frühkartoffeln    | 40                                   | 100 | 200 | 0,4  | 0,2 | 0,2  |
| Gemüse            | 90                                   | 15  | 100 | 0,3  | 0,1 | 0,35 |
| Hafer             | 40                                   | 30  | 20  | 1,0  | 1,0 | 2,0  |
| Hopfen            | 0                                    | 0   | 0   | 5,0  | 1,7 | 8,0  |
| Kleegrass         | 80                                   | 15  | 70  | 1,5  | 0,2 | 0,2  |
| Körnerleguminosen | -200                                 | 80  | 100 | 0  | 1,0 | 2,0  |
| Körnermais        | 40                                   | 50  | 60  | 2,0  | 1,0 | 2,0  |
| Obst              | 0                                    | 0   | 0   | 0,1  | 0,1 | 0,1  |
| Raps              | 60                                   | 60  | 100 | 5,0  | 2,0 | 4,0  |
| Silomais          | -40                                  | 20  | 0   | 0,4  | 0,2 | 0,4  |
| Sommergerste      | 40                                   | 10  | 20  | 1,0  | 1,0 | 2,0  |
| Sommerweizen      | 0                                    | 10  | 20  | 2,5  | 1,0 | 2,0  |
| Spätkartoffeln    | 70                                   | 100 | 26  | 0,2  | 0,2 | 0,2  |
| Triticale         | 0                                    | 10  | 20  | 2,0  | 1,0 | 2,0  |
| Wintergerste      | 2                                    | 10  | 20  | 2,0  | 1,0 | 2,0  |
| Winterweizen      | 0                                    | 10  | 20  | 2,5  | 1,0 | 2,0  |
| Zuckerrübe        | 80                                   | 0   | 140 | 0,2  | 0,2 | 0,4  |

Quelle: KTBL (1995) und eigene Berechnungen

Der Nährstoffbedarf wird kulturartspezifisch und in Abhängigkeit von der Intensität nach folgender Berechnung festgelegt:

$$NB_{NA,i,v,r} = EA_{NA,i} * y_{i,v,r} + K_{NA,i}$$

$NB_{NA,i,v,r}$  Nährstoffdüngung der Kultur  $i$  mit der Intensität  $v$  in Landkreis  $r$  in (kg/ha)

$EA_{NA,i}$  ertragsabhängiger Nährstoffbedarfsfaktor der Kultur  $i$  (kg/ha)

$y_{i,v,r}$  Ertrag in der Kultur  $i$  mit der Intensität  $v$  in Landkreis  $r$  (dt/ha)

$K_{NA,i}$  ertragsunabhängige Nährstoffdüngung der Kultur  $i$  (kg/ha)

Damit wird für jede Kultur in Abhängigkeit von der Intensität und dem jeweiligen Ertragspotential des Standortes der Nährstoffbedarf berechnet. Die Zufuhr der Pflanzennährstoffe Stickstoff, Phosphat und Kalium kann mit organischem oder mineralischem

Dünger erfolgen. Organische Düngemittel liegen je nach Entmistungsverfahren in flüssiger oder fester Form vor. Über die Aufstallungsarten liegen räumlich differenziert keine Angaben vor. Da die Schweinehaltung vorrangig in Stallgebäuden mit Spaltenböden stattfindet und sich die Rinderhaltung in Grünlandgebieten konzentriert, wird angenommen, dass die Tiere einstreulos gehalten werden. Entsprechend werden die tierischen Exkremate als Flüssigmist auf die landwirtschaftlichen Nutzflächen ausgebracht. Die Nährstoffgehalte der Gülle stammen aus Angaben der Düngeverordnung. Die nachfolgende Tabelle zeigt den tierartspezifischen Gülle- und Nährstoffanfall.

**Tabelle 17: Nährstoffanfall landwirtschaftlicher Nutztiere je Stallplatz und Jahr**

| Produktionsverfahren | Stickstoff | Phosphat | Kalium  | Menge               |
|----------------------|------------|----------|---------|---------------------|
| Aufzuchtkalb         | 45 kg      | 16 kg    | 50 kg   | 3 m <sup>3</sup>    |
| Färse                | 44 kg      | 15 kg    | 60 kg   | 19 m <sup>3</sup>   |
| Ferkel               | 0,52 kg    | 0,28 kg  | 0,28 kg | 0,01 m <sup>3</sup> |
| Legehennen           | 0,71 kg    | 0,31 kg  | 0,33 kg | 0,07 m <sup>3</sup> |
| Mastbulle            | 42 kg      | 18 kg    | 44 kg   | 19 m <sup>3</sup>   |
| Masthähnchen         | 0,26 kg    | 0,12 kg  | 0,16 kg | 0,01 m <sup>3</sup> |
| Mastkalb             | 1 kg       | 6 kg     | 15 kg   | 1,8 m <sup>3</sup>  |
| Mastschwein          | 13 kg      | 6 kg     | 6 kg    | 2,4 m <sup>3</sup>  |
| Milchkuh             | 110 kg     | 38 kg    | 140 kg  | 18 m <sup>3</sup>   |
| Mutterkuh            | 90 kg      | 37 kg    | 125 kg  | 18 m <sup>3</sup>   |
| Schaf                | 17 kg      | 8 kg     | 23 kg   | 7 m <sup>3</sup>    |
| Zuchtsau             | 27 kg      | 14 kg    | 11 kg   | 4,2 m <sup>3</sup>  |

Quelle: BBV-Computer-Dienst (1997) und KTBL (1994)

## 4.1.2 Produktionsverfahren in der Tierhaltung

### 4.1.2.1 Umfang und Leistung in der Tierhaltung

In der Tierhaltung wird die Rinder-, Schweine-, Geflügel-, Schaf- und Pferdehaltung berücksichtigt. Die Pferdehaltung zählt zwar nicht zu den herkömmlichen Produktionsverfahren der Landwirtschaft, jedoch leistet die Pensionspferdehaltung regional einen wichtigen Beitrag zum Einkommen in der Landwirtschaft. Die regionalen Daten aus der Viehzählung und die durchschnittlichen Stallbelegungszeiten der Tierhaltungsverfahren dienen als Grundlage für die Berechnung der Produktionsumfänge der einzelnen Tierhaltungsverfahren.

Die Rinderhaltung wird aufgrund der großen wirtschaftlichen Bedeutung und der regionalen Spezialisierung in mehrere Produktionsverfahren unterteilt. Im Modell ist die Rinderhaltung in die Produktionsverfahren Milch- und Mutterkuhhaltung, Kälber- und Färsenaufzucht, Bullen- und Färsenmast aufgeteilt. Die Schweinehaltung wird mit der Zuchtsauen- und Mastschweinehaltung abgebildet. Bei der Geflügelhaltung werden aufgrund der regionalen Bedeutung einzelner Verfahren drei unterschiedliche Verfahren formuliert: die Legehennenhaltung, die Masthähnchenhaltung und die Großgeflügelmast. In der Großgeflügelmast sind die Puten-, Gänse- und sonstige Geflügelmast zusammengefasst.

Die Daten über den Umfang der Tierhaltung stammen aus der Viehzählung der Statistischen Landesämter im Jahr 1995. Bei der Viehzählung werden die Tiere am Stichtag gezählt. Diese Vorgehensweise erfasst daher nur die belegten Stallplätze. Für einige Verfahren muss daher noch der Stallplatzbedarf je Produktionseinheit bestimmt werden, um den jährlichen Produktionsumfang berechnen zu können. Da keine Daten über die regionalen Leistungen vorliegen, wird der Stallplatzbedarf für die einzelnen Produktionsverfahren aus der Datensammlung des KTBLs (1995) entnommen.

In einem nächsten Schritt müssen die Daten aus der Viehzählung umgerechnet werden, da die Einteilung der Viehbestände nach dem Alter nicht mit der Dauer bzw. der Definition der Produktionsverfahren übereinstimmt. In der Statistik wird die Mastschweinehaltung in zwei Gewichtsgruppen eingeteilt; bis 50 kg und über 50 kg. Für die Ermittlung der Stallplätze in der Mastschweinehaltung werden beide Gewichtsgruppen zusammen gefasst. Für die Abbildung der Rinderhaltung sind Umrechnungen notwendig. So sind weibliche und männliche Kälber bis zu einem halben Jahr in einer Gruppe zusammengefasst. Das Produktionsverfahren Kälberaufzucht dauert nach den Kalkulationsunterlagen drei Monate. Nach drei Monaten werden die Kälber den Produktionsverfahren Bullen-, Färsenmast oder Färsenaufzucht zugeordnet. Entsprechend werden die restlichen belegten Stallplätze den sich daran anschließenden Produktionsverfahren (Färsenaufzucht, Färsen- oder Bullenmast) im Verhältnis zugeteilt.

Die Tierhaltung ist hinsichtlich der Bestandsgrößenverteilung in Bayern und Baden-Württemberg ähnlich strukturiert. Es handelt sich hauptsächlich um kleine Bestände, wobei

die Größenstruktur breit gefächert ist. Der Einsatz von Produktionsfaktoren wird von der Bestandsgröße beeinflusst. Für die Abbildung der Tierproduktion im Modell müssen, abhängig von der Bestandsgröße, zweckmäßige Produktionsverfahren definiert werden. Eine räumliche Konzentration der unterschiedlichen Bestandsgrößen in der Tierhaltung kann nicht nachgewiesen werden. Daher rechtfertigt der zusätzliche Informationsgewinn, der durch eine räumlich differenzierte Formulierung der Produktionsverfahren in Abhängigkeit von der Bestandsgrößen entstehen würde, den dafür notwendigen Aufwand nicht. Aus diesem Grund werden die verbreiteten Betriebsstrukturen in Bayern als Grundlage für die Definition der Produktionsverfahren herangezogen.

In Bayern werden über 60 % der Milchkühe in Beständen zwischen 20 und 50 Milchkühe gehalten. Das verbreitetste Aufstellungsverfahren in dieser Größenklasse ist die Anbindehaltung mit Rohrmelkanlage. Stellvertretend wird daher die Milchviehhaltung mit diesem Produktionsverfahren abgebildet. In der Bullenmast ist die Zahl der männlichen Rinder in den Bestandsgrößen zwischen 10 und 29 Tieren am höchsten. Für diese Bestandsgrößenklasse ist häufig die Gruppenhaltung in Buchten vorzufinden.

Die Bestandsgrößenstruktur der Schweinehaltung ist im Untersuchungsgebiet kleinstrukturiert. In den Jahren 1986 bis 1996 hat sich die Zahl der Schweinehalter halbiert, was vorrangig auf die Aufgabe von Kleinbeständen mit weniger als 20 Zuchtsauen bzw. 200 Mastschweinen zurückzuführen ist (BSTMLF, 1998). So beträgt im Jahr 1996 die durchschnittliche Bestandsgröße in Bayern 24 Tiere in der Zuchtsauenhaltung bzw. 57 Tiere in der Mastschweinehaltung. In Bayern werden im Jahr 1996 über 56 % der Zuchtsauen in Beständen mit über 50 Tieren gehalten, in der Mastschweinehaltung werden 35 % der Tiere in Beständen mit mehr als 400 Tieren gehalten. Als Maßstab für das Produktionsverfahren Zuchtsauenhaltung werden daher die Bestandsgröße für 50 bis 100 Tiere definiert. Bei der Mastschweinehaltung wird ein Bestand von 400 Mastschweinen angenommen.

Die am häufigsten vorzufindenden Schafhaltungsverfahren sind Koppelschafhaltung und Hüteschafhaltung. Die Zahl der Koppelschafhalter ist den Hüteschafhaltern deutlich überlegen. Da aber die Koppelschafhalter weniger als 30 % der Schafe halten und es sich zumeist um Hobbyschafhalter handelt, wird die Hüteschafhaltung mit 200 Mutterschafen als standardisiertes Produktionsverfahren für die Schafhaltung gewählt.

Wirtschaftlich verwertbare Hauptleistungen aus der Tierhaltung sind Fleisch und Milch. Daten über regionale Leistungen in der Tierhaltung liegen nur für die Milchleistung vor. Weitere regional ausgewiesene Leistungen in der Tierhaltung stehen für diese Untersuchung nicht zur Verfügung. Die Produktionsverfahren in der Tierhaltung können daher nicht räumlich differenziert werden, weswegen sie in Anlehnung an Standardwerte definiert werden (KTBL, 1995).

#### *4.1.2.2 Futterbergung und Fütterung*

Für die Fütterung der Tiere stehen im Modell 19 verschiedene Futtermittel zur Verfügung, davon sind neun Futtermittel den Grundfuttermitteln und zehn den Kraftfuttermitteln zugeordnet. Die Grundfuttermittel werden innerhalb der Regionen produziert. Abhängig von der Nutzungsart (Wiese oder Weide) und Nutzungsintensität bzw. Pflege (einmalige oder mehrfache Nutzung), können Grundfuttermittel mit verschiedenen Qualitäten gewonnen werden. Daher werden in Abhängigkeit der Grünlandbewirtschaftung sowie des gewonnenen Futtermittels Fütterungsaktivitäten mit unterschiedlichen Inhaltsstoffen definiert. Für Heu und frisches Gras werden zwei Qualitäten formuliert. Für Grassilage werden keine unterschiedlichen Qualitäten berücksichtigt, da vereinfacht davon ausgegangen wird, dass Grassilage in der Regel aus dem ersten Schnitt der Wiese gewonnen wird und daher die Qualitäten weitestgehend homogen sind. Als Kraftfuttermittel stehen Getreide, Milchleistungskraftfutter und Sojaschrot zur Verfügung.

### **4.1.3 Verkaufs- und Zukaufsaktivitäten**

#### *4.1.3.1 Agrarpolitische Rahmenbedingungen im Basisjahr 1995*

Die Landwirtschaft unterliegt markt- und agrarpolitischen Rahmenbedingungen. Für die Abbildung des Basisjahres 1995 gelten die agrarpolitischen Rahmenbedingungen der Agrarreform 1992. In der pflanzlichen Produktion werden neben den Markterlösen für die erzeugten Produkte zusätzlich Prämien bezahlt. Da die regionalen Erzeugerpreise von Baden-Württemberg und Bayern nur unbedeutende Abweichungen aufweisen, werden die in Tabelle 18 aufgelisteten Erzeugerpreise für beide Bundesländer verwendet.

**Tabelle 18: Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Jahr 1995**

|                    | Erzeugerpreise | Preisausgleichszahlung |          |
|--------------------|----------------|------------------------|----------|
|                    |                | Baden-Württemberg      | Bayern   |
| Flächenstilllegung | -              | 294 €/ha               | 310 €/ha |
| Frühkartoffeln     | 15,00 €/dt     | 0                      | 0        |
| Hafer              | 11,00 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Körnerleguminosen  | 13,00 €/dt     | 325 €/ha               | 432 €/ha |
| Körnermais         | 14,30 €/dt     | 319 €/ha               | 243 €/ha |
| Sommergerste       | 16,50 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Sommerweizen       | 13,50 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Spätkartoffeln     | 10,00 €/dt     | 0                      | 0        |
| Wintergerste       | 12,50 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Winterraps         | 19,60 €/dt     | 440 €/ha               | 471 €/ha |
| Winterroggen       | 12,50 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Winterweizen       | 13,50 €/dt     | 225 €/ha               | 243 €/ha |
| Zuckerrüben        | 4,60 €/dt      | 0                      | 0        |

Quelle: Graf et al. (1995), BSTMLF (1998), KTBL (1994) und eigene Berechnungen (2003)

Als nichtmarktgängige Futtermittel gelten im Modell Gras- und Maissilage. Bei Heu ist eine Zukaufsbeschränkung von maximal 10 % der verfütterten Menge in das Modell integriert worden. Als marktgängige Futtermittel stehen in den Regionshöfen das selbst erzeugte Getreide und Zukaufsfuttermittel wie Sojaschrot oder Milchleistungskraftfutter zur Verfügung. Die Zukaufsfuttermittel werden mit den Einkaufspreisen bewertet. Marktgängige Futtermittel wie Getreide können die Regionshöfe in beliebigen Mengen zukaufen.

Ein weiterer wichtiger Einkommensbeitrag der Landwirtschaft stellt die Tierproduktion dar. Während für einige tierische Erzeugnisse wie z.B. die Schweinehaltung, keine gemeinsame Marktordnung existiert, existieren für die Rauhfutterfresser mehrere Marktordnungen. Auch hier sind im Rahmen der Agrarreform die Interventionspreise gesenkt worden. Als Ausgleich für die gesunkenen Erzeugerpreise werden Prämien für bestimmte Produktionszweige gewährt. In der folgenden Tabelle sind für die wichtigsten tierischen Produkte die im Modell zugrundegelegten Prämien und Erzeugerpreise aufgeführt.

**Tabelle 19: Erzeugerpreise und Prämien für tierische Produktionsverfahren im Jahr 1995**

|              | Erzeugerpreise                 | Prämien/Tier |
|--------------|--------------------------------|--------------|
| Bullenmast   | 160 € pro 100 kg Lebendgewicht | 106 €        |
| Legehennen   | 8 € pro 100 Eier               | 0            |
| Milchvieh    | 28 € pro 100 kg Milch          | 0            |
| Mutterkuh    | 175 € pro Kalb                 | 141 €        |
| Schaf        | 60 € je Lamm                   | 23 €         |
| Schweinemast | 135 € je Mastschwein           | 0            |
| Zuchtsauen   | 35 € je Ferkel                 | 0            |

Quelle: Graf et al. (1995), BSTMLF (1998), KTBL (1994) und eigene Berechnungen (2003)

Einen weiteren wichtigen Einkommensfaktor ist die Ausgleichszulage in Gebieten mit ungünstigen natürlichen Standortbedingungen. Die Ausgleichszulage wird bis in das Jahr 2000 tier- und flächenabhängig bezahlt und danach in eine flächenbezogene Prämie umgewandelt. Der Förderungsumfang, Förderungsbetrag und die Anzahl der Förderungsempfänger änderten sich in den bayerischen Regierungsbezirken im Vergleich zu den Vorjahren kaum. Die neue Ausgleichszulage wird in Abhängigkeit von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl für Grünland und einige Ackerkulturen bezahlt. Nicht ausgleichsberechtigte Flächen sind Mais, Weizen, Stilllegung, Zuckerrüben, Gemüse und Dauerkulturen. Die übrigen Ackerkulturen außer Ackerfutter werden unter Berücksichtigung der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl mit 25 bis 100 €/ha gefördert. Für Grünland und das Ackerfutter beträgt die Förderung in Abhängigkeit von der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl zwischen 50 und 200 €/ha.

In den bisherigen Ausführungen ist bereits erläutert worden, dass ein enger Zusammenhang zwischen Intensität in der Pflanzenproduktion und der Tierhaltung besteht. Da die Ausgleichszulage seit dem Jahr 2000 eine rein flächengebundene Prämie ist und sich lediglich die Förderungsmodalitäten geändert haben, was aber keine größeren Auswirkungen auf die Förderungshöhe und Förderungsumfang in den Regionen hatte, wird für das Basisjahr des Modells bereits die reformierte Ausgleichszulage zugrunde gelegt. Die Höhe der Ausgleichszulage wird in Abhängigkeit der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl der Gemeinde und der bewirtschafteten Fläche berechnet (SCHMID ET AL., 2003) Aus den Landwirtschaftlichen Vergleichszahlen auf Gemeindeebene wird für jeden Landkreis eine durchschnittliche Landwirtschaftliche Vergleichszahl gebildet. Im folgenden Schritt wird die Ausgleichszulage berechnet. Die Höhe der Ausgleichszahlungen, wird nach den

Vorgaben der Richtlinie des Ministerium Ländlicher Raum gestaffelt berechnet (MLR, 1999). Für Landkreise bzw. Regionshöfe, mit einer Landwirtschaftlichen Vergleichszahl von weniger als 15 wird der Höchstförderbetrag zugrunde gelegt. Regionshöfe mit einer Landwirtschaftlichen Vergleichszahl von über 35 erhalten im Modell keine Ausgleichszulage. Entsprechend der gesetzlichen Regelung werden die Ausgleichszulagen für die Landwirtschaftliche Vergleichszahl zwischen 15 und 35 in Abhängigkeit von der Nutzung nach folgender Formel berechnet:

Ausgleichszulage für ausgleichsberechtigte Ackerkulturen (ohne Ackerfutter):

$$\text{Ausgleichszulage}_{(r)} = (35 + 2 - LVZ_{(r)}) * 4 - 2$$

Ausgleichszulage für Grünland und Ackerfutter (ohne Silomais):

$$\text{Ausgleichszulage}_{(r)} = (35 + 2 - LVZ_{(r)}) * 8 - 2$$

$LVZ_{(r)}$  = Landwirtschaftliche Vergleichszahl des Landkreises  $r$

#### 4.1.3.2 Agrarumweltprogramme

Agrarumweltprogramme können einen Beitrag zur Reduzierung der Gewässerbelastung liefern. Sie bieten Landwirten einen finanziellen Anreiz, auf extensive Produktionsweisen umzustellen. Ein Ergebnis in Kapitel zwei ist die unzureichende Berücksichtigung von gewässerschonenden Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Pflanzenproduktion sowohl in Bayern als auch in Baden-Württemberg. In Baden-Württemberg ist die Teilnahmebereitschaft nur im Bereich des Zwischenfruchtanbaus sehr ausgeprägt. Aus diesem Grund ist im Modell nur der Zwischenfruchtanbau als Produktionsverfahren aufgenommen. Alle anderen Produktionsverfahrensmodifikationen, die auf Agrarumweltprogramme zurückzuführen sind, bleiben unberücksichtigt.

Die Teilnahmebereitschaft der Landwirte für Grünlandbewirtschaftungsmaßnahmen im Rahmen der Agrarumweltprogramme in Bayern ist sehr hoch. Im KULAP werden die Grünlandprämien in Abhängigkeit vom Viehbesatz und Düngungsmaßnahmen gewährt. Da die Nutzungsintensität in der Regel mit dem Großviehbesatz korreliert, werden Prämien in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität in das Modell integriert. Für intensive Grünlandverfahren werden 90 €/ha als Prämienbetrag angesetzt. Für extensive Grünland-

verfahren wie Weide, Hutung und Zweischnittwiesen wird im Modell eine Prämie von 100 €/ha zugrunde gelegt.

Das Marktentlastungs- und Kulturlandschaftsprogramm (MEKA) in Baden-Württemberg hat andere Förderungsmodalitäten. In diesem Programm werden für die Großvieheinheiten andere Begrenzungen gesetzt. Entsprechend werden hier Großvieheinheiten unter 2,0 als Maßstab für zweischürige Wiesen angesetzt, während die Förderungen über 2,0 GV/ha für die Bewertung der mehrschürigen Wiesen herangezogen werden. Entsprechend werden folgende Prämien in Baden-Württemberg bei der Definition der Produktionsverfahren in das Modell integriert:

- Prämien in Höhe von 50 € für Grünland mit zwei Nutzungen und Hutungen
- Prämien in Höhe von 30 € für Grünland mit drei Nutzungen, Mähweiden und Weiden

Im Bereich der landwirtschaftlichen Marktordnungsregeln sind für Zucker und Milch Produktionsquoten erlassen worden. Da keine regionalen Angaben über die Höhe der Quoten zur Verfügung stehen, werden die Produktionsquoten der Regionshöfe aus dem Produktionsumfang und den durchschnittlichen Naturalerträgen in den jeweiligen Landkreisen festgelegt.

## **4.2 Prozessanalytische Verknüpfung der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren**

### ***4.2.1 Prozessanalytische Matrix des linearen Planungsmodells***

Wie im vorherigen Kapitel erwähnt wird, werden die Ergebnisse des linearen Prozessanalysemodells zur Berechnung der Kalibrierungsterme des nichtlinearen Prozessanalysemodells verwendet. Da die Wahl der Nebenbedingungen die Höhe der Schattenpreise bestimmt, wird im Folgenden auf die Nebenbedingungen des linearen Programmierungsmodells eingegangen.

Ein Ziel des Planungsmodells ist die Analyse von Szenarien, die Extensivierungsstrategien in der Landnutzung vorsehen. In der agrarökonomischen Forschung werden im Rahmen dieser Thematik häufig nichtlineare Produktionsfunktionen in lineare Planungsmodelle integriert. Nach DOLUSCHITZ (1992) können relativierte Stickstoffertragsfunktionen auf

jedem Standort angewendet werden, um den Einfluss der Stickstoffdüngung auf den Ertrag aufzuzeigen. In zahlreichen Arbeiten mit Regionshofmodellen werden daher Stickstoffertragsfunktionen in unterschiedlichen Varianten in die Modelle integriert, um Extensivierungsstrategien ökonomisch bewerten zu können (WEINGARTEN, 1995; PAEFFGEN, 1994; UMSTÄTTER 1999A).

Aus mehreren Gründen werden keine Produktionsfunktionen in das Modell integriert. So folgert bereits KLEINHANSS (1986) aus seinen Untersuchungen zu Stickstoffertragsfunktionen, dass sich der Verlauf einer Grenzertragsfunktion in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngung an heterogenen Standorten nicht quantifizieren lässt. FRICK (1996) stellt in seiner Arbeit fest, dass die methodischen Grundlagen zur Berechnung von Produktionsfunktionen aus den Ergebnissen von Feldversuchen unzureichend sind. Ihm ist es nicht möglich, den Effekt der Düngung auf den erzielten Ertrag fehlerfrei zu bestimmen, weil der Verlauf von Produktionsfunktionen durch statistische Verfahren nicht eindeutig quantifizierbar ist. Eine mögliche Ursache für die unzureichende Erklärung der Korrelation zwischen der Höhe der Stickstoffdüngung und dem Ertrag ist, dass Stickstoff nicht an jedem Standort der limitierende Faktor ist. Damit ist die Verwendung von einfaktoriellen Stickstoffertragsfunktionen nicht ausreichend. Ein weiterer Aspekt, der gegen die Verwendung von einfaktoriellen Stickstoffertragsfunktionen spricht, ist die beliebige Teilbarkeit von Düngemitteln. Düngemittel sind in der Praxis zunächst zwar beliebig teilbar, da aber die Höhe der Düngung mit dem Einsatz von Pflanzenschutzmitteln eng verknüpft ist, kann die Düngungshöhe innerhalb einer gewählten Intensitätsstufe nur wenig sinnvoll variiert werden (ZEDDIES ET AL., 1997). Des Weiteren werden Qualitätseffekte, welche auf eine erhöhte oder verminderte Stickstoffdüngung zurückzuführen sind, oft vernachlässigt. Ein weiterer Effekt, der in vielen Arbeiten bisher häufig unberücksichtigt blieb, sind die langfristigen Auswirkungen auf die Bodenfruchtbarkeit. Erst KILIAN (2000) setzt sich mit dieser Thematik in seiner Arbeit auseinander. Ein wichtiges Ergebnis seiner Untersuchung ist, dass sich der Verlauf der Stickstoffproduktionsfunktion in Abhängigkeit des Stickstoffdüngungsniveaus der Vorjahre verändert.

Die Diskussion zeigt entscheidende Probleme, die bei der Verwendung von Stickstoffertragsfunktionen auftreten, auf. In größeren Untersuchungsgebieten sollten weitere Wachstumsfaktoren in die Modelle mit einbezogen werden, damit sichergestellt werden kann, dass der Stickstoff der limitierende Wachstumsfaktor ist. Dieser Kritikpunkt wird im

Decision-Support-System Glowa-Danubia berücksichtigt, indem ein Wachstumsmodell, das mehrere Wachstumsfaktoren berücksichtigt, im Modellsystem integriert wird.

Aus den zuvor genannten Gründen wird auf den Einsatz von Produktionsfunktionen zur Darstellung von Intensitätsänderungen im Pflanzenbau verzichtet. Stattdessen wird mit den standardisierten, intensitätsabhängigen Produktionsverfahren modelliert, die zuvor formuliert werden. Die unterschiedlichen Intensitäten der Produktionsverfahren werden mit dem von RÖHM (2001) entwickelten Ansatz in das Modell integriert. Die Abschätzung des Anbauumfangs der einzelnen Intensitäten jeder Kultur, die mit dem Probit-Modell vorgenommen wird, macht es möglich, den Anbauumfang jeder einzelnen Kultur in den Regionshöfen festzulegen. Daher ist es möglich, eine Nebenbedingung, die den beobachteten Anbauumfang der Kulturen mit den vorgefundenen Intensitätsstufen enthält, einzuführen. Ergänzt wird diese Nebenbedingung durch eine Begrenzung der einzelnen Kulturen.

Mit einer weiteren Nebenbedingung wird die maximale Verfügbarkeit der landwirtschaftlichen Flächen begrenzt. In dieser Nebenbedingung ist das Produktionsverfahren Flächenstilllegung nicht enthalten. Die Flächenstilllegung wird deswegen nicht als Produktionsverfahren berücksichtigt, weil das Produktionsverfahren seit der Agrarreform von 1992 verpflichtend durchzuführen ist. Die in der Agrarreform vorgeschriebene Stilllegungsquote in Höhe von 15 % der preisausgleichsberechtigten Kulturen wurde in keinem Landkreis im Referenzjahr erreicht. In allen Landkreisen war die Stilllegungsquote im Referenzjahr unter 15 %, daher wird angenommen, dass eine freiwillige Flächenstilllegung nicht stattfindet.

Eine Besonderheit weist die Restriktion, die die maximal verfügbare landwirtschaftliche Nutzfläche beinhaltet, auf. Im Untersuchungsgebiet bewirkt die ständig abnehmende Rinderzahl eine Aufgabe der Grünlandnutzung. Entsprechend werden in vielen Regionen nicht alle Grünlandflächen bewirtschaftet, was sich auch im linearen Modell widerspiegelt. Für nicht vollständig ausgenutzte Kapazitäten werden keine Schattenpreise ausgegeben. Entsprechend ist eine Ausweisung eines Schattenpreises für die landwirtschaftliche Nutzfläche nicht möglich, wodurch eine Kalibrierung nach HOWITT nicht zu realisieren ist. Das Grünland wird daher von der landwirtschaftlichen Nutzfläche subtrahiert, um für alle

Regionen einen Schattenpreis für die landwirtschaftliche Nutzfläche zu erhalten (RÖHM, 2001).

Bei der Aufstellung der Produktionsverfahren wird bereits deutlich, dass das Grünland mit unterschiedlichen Intensitäten bewirtschaftet wird. Die unterschiedlichen Bewirtschaftungsintensitäten werden auch im Modell berücksichtigt. Eine starre Festlegung der Grünlandnutzung als Heu oder als Silage in Abhängigkeit von der Nutzungsintensität erwies sich als nicht durchführbar, da für die Tierbestände in den Regionshöfen die ernährungsphysiologischen Grundsätze nicht eingehalten werden können. Das Modell ist so formuliert, dass die Futtergewinnung und die Futterkonservierung modellendogen berechnet werden. Vorgegeben ist allerdings die maximale Anzahl von Nutzungen und der Bruttoertrag für jede Bewirtschaftungsintensität des Grünlandes.

In der Tierhaltung sind häufig die Stallplätze der limitierende Faktor. Die Festlegung des Stallplatzbedarfes für die einzelnen Produktionsverfahren und die Ermittlung des Produktionsumfanges in der Tierhaltung ist bereits beschrieben worden. Die definierten Tierhaltungsverfahren sind in der Rinderhaltung miteinander über das Produktionsverfahren Kälber verknüpft. Die Gleichung zur Bestandsergänzung stellt sicher, dass Tiere für die Bestandsergänzung innerhalb des Regionshofes selbst erzeugt oder zugekauft werden.

Eine bedarfsgerechte Futtermittellieferung wird durch Nebenbedingungen sicher gestellt. Die Futterinhaltsstoffe Energie, Rohprotein sowie die maximale Trockenmasseaufnahme werden bei der modellendogenen Futterrationenberechnung berücksichtigt. Tier- und leistungsgerechte Futterrationen sind zusätzlich durch die Begrenzung einzelner Futtermittel sichergestellt. Ebenfalls garantieren Obergrenzen für Kraftfutter und Getreide bei den Rauhfutterfressern eine tiergerechte Ernährung. Die Futtermittel können in den einzelnen Regionshöfen selbst erzeugt oder zugekauft werden. Überschüssige Futtermittel können verkauft werden. Ein Handel mit nichtmarktgängigen Futtermitteln ist ausgeschlossen.

Mit dem Modell sollen auch Szenarien gerechnet werden, bei denen die Verfügbarkeit des Trinkwassers für die landwirtschaftliche Produktion eingeschränkt wird. Um das Anpassungsverhalten der Landwirte abbilden zu können, wird der Wasserbedarf als

möglicherweise begrenzender Faktor in das Modell aufgenommen. Berücksichtigt wird dabei der Wasserbedarf aus dem öffentlichen Leitungssystem für Tierhaltung und Pflanzenproduktion. Der Wasserbedarf der Tierhaltung wird aus dem Tränkwasserbedarf der Tiere abgeleitet. Zuschläge für Reinigung und Desinfektion der Ställe sind ebenfalls berücksichtigt. Der Wasserbedarf der Pflanzenproduktion ergibt sich aus dem Wasserbedarf für Pflanzenschutzmaßnahmen, weil häufig Trinkwasser für die Ausbringung der Pflanzenschutzmittel verwendet wird. Informationen über Bewässerung liegen nicht vor, weswegen die Bewässerung nicht in das Modell integriert wird. Die Vernachlässigung der Bewässerung ist gerechtfertigt, da zur Zeit nur sehr vereinzelt bewässert wird.

Für die eindeutige Zuordnung der Schattenpreise wird für die Nebenbedingung der Kulturarten sowie für die Nebenbedingungen der jeweiligen Produktionsintensitäten der Perturbationsfaktor ( $\varepsilon$ ) eingefügt, der unwesentlich größer als eins ist. Mit diesem Faktor ist sicher gestellt, dass die Ackerfläche auf jeden Fall einen Schattenpreis erhält. In der Restriktion, die den Anbauumfang der Produktionsintensität der Kulturen auf den Anbauumfang in der Referenzsituation begrenzt, stellt der quadrierte Perturbationsfaktor sicher, dass alle Kulturen bis auf die Marginalkultur einen Schattenpreis zugeordnet bekommen. Die folgende Übersicht gibt nochmals zusammenfassend die wichtigsten Modellgleichungen wieder.

**Abbildung 8: Wichtige Nebenbedingungen des linearen Modells**

|   |  |
|---|--|
| Indizes (in Klammern der jeweils übergeordnete Index)   |  |
| $i$   | = Landwirtschaftliche Kultur   |
| $lf(i)$   | = Landwirtschaftliche Kultur ohne Stilllegung  |
| $gl(i)$   | = Grünland   |
| $mf(i)$   | = Marktfrüchte, für die im Rahmen der Preisausgleichszahlungen Flächenprämien gewährt werden     |
| $v$   | = Produktionsintensität  |
| $vg(v)$   | = Nutzung des Grünlandes als Heu oder Silage   |
| $n(v)$  | = Nutzungsintensität des Grünlandes (zwei oder drei Schnitte)                                    |
| $t$   | = Tierhaltungsverfahren  |
| $r$   | = Landkreis (= Regionshof)   |
| $zpt$   | = tierische Produkte (z.B. aufgezogenes Kalb, Fresser)   |
| $f$   | = Futtermittel   |
| $in$  | = definierte Nährstoffe der Futtermittel (z.B. Energie- oder Rohproteingehalt)                   |
| $fpf$   | = Kulturen, die an Tiere verfüttert werden können  |
| Parameter:  |  |
| $yiv_{i,v,r}$   | = Bruttoertrag   |
| $ni_{f,in}$   | = Nährstoffgehalt des Futtermittels $f$  |
| $nb_{t,in}$   | = Nährstoffbedarf der Tierart $t$  |
| $spt_{r,t}$   | = Stallplatzbedarf je Produktionseinheit   |
| $ba_{zpt,t}$  | = Bestandsänderung in der Tierhaltung durch Tierhaltungsaktivitäten                              |
| $fut_{fpf}$   | = Futtermittelflusskoeffizient in Abhängigkeit von Kultur und Konservierungsverfahren            |
| $wbt_t$   | = produktionsverfahrensspezifischer Wasserbedarf in der Tierhaltung                              |
| $wbp_{i,v,r}$   | = produktionsverfahrensspezifischer Wasserbedarf im Ackerbau                                     |
| $SQ_r$  | = regionale Stilllegungsquote  |
| $STP_{r,t}$   | = Stallplätze in der Ausgangssituation   |
| $A_{i,v,r}$   | = beobachteter Anbauumfang (A) der Kultur $i$ mit der Produktionsintensität $v$ im Landkreis $r$ |
| Variablen:  |  |
| $GDB$   | = Gesamtdeckungsbeitrag (Zielfunktionswert)  |
| $X_{i,v,r}$   | = Anbauumfang (X) der Kultur $i$ in der Produktionsintensität $v$ im Landkreis $r$               |
| $XT_{t,r}$  | = Umfang (XT) des Tierhaltungsverfahrens $t$ in Landkreis $r$                                    |
| $XH_{f,r}$  | = Zukauf von Futtermittel oder Wasser $f$ im Landkreis $r$                                       |
| $XF_{f,t,r}$  | = Fütterungsaktivität des Futtermittels $f$ an das Tierhaltungsverfahren $t$ in Region $r$       |
| Nebenbedingungen:   |  |
| <b>Begrenzung der einzelnen Intensität für unterschiedliche Kulturen</b> $X_{i,v,r} \leq A_{i,v,r} * \varepsilon^2$             |  |
| <b>Anbaubegrenzung der einzelnen Kulturen</b> $\sum_v X_{i,v,r} \leq \sum_v A_{i,v,r} * \varepsilon$                            |  |
| <b>Flächenbegrenzung</b> $\sum_{lf,v} X_{lf,v,r} - \sum_{gl,v} X_{gl,v,r} \leq \sum_{lf,v} A_{lf,v,r} - \sum_{gl,v} A_{gl,v,r}$ |  |
| <b>Nutzung der Grünlandintensität</b> $\sum_{vg} X_{gl,v,g,r} \leq \sum X_{gl,n,r}$   |  |
| <b>Flächenbegrenzung für Grünland</b> $\sum_{gl,v} X_{gl,v,r} \leq \sum_{gl,v} A_{gl,v,r}$                                      |  |

Quelle: eigene Darstellung (2003)

Für die Berechnung des ökonomischen Optimums gibt es verschiedene Methoden. Die im Modell zugrunde gelegte Methode der Positiven Quadratischen Programmierung eignet sich für kurz- und mittelfristige Prognosen. Damit ist dieses Analyseinstrument vorrangig für die Bestimmung des kurz- bzw. mittelfristigen Angebotes geeignet. Die kurzfristige Angebotsuntergrenze ist in der ökonomischen Theorie dann erreicht, wenn die variablen Kosten gerade noch gedeckt werden können. Entsprechend wird der Deckungsbeitrag als ökonomische Erfolgsgröße verwendet. Eine weitere Differenzierung erscheint wegen den zunehmenden Ungenauigkeiten, die bei einer Aufschlüsselung der fixen Kosten entstehen, nicht angebracht.

Die Berechnung des Deckungsbeitrages der Pflanzenproduktion wird nach folgendem Schema vorgenommen:

|   |   |
|---|---|
| + | Markterlös  |
| + | Prämien ( z. B. Kulturpflanzenregelung, Agrarumweltprogramme) |
| - | Nährstoffkosten   |
| - | Pflanzenschutzmittelkosten                                    |
| - | variable Maschinenkosten                                      |
| - | Zinsansatz  |
| - | <u>sonstige variable Kosten</u>                               |
| = | Deckungsbeitrag in der Pflanzenproduktion                     |

In der Pflanzenproduktion werden zwei Intensitäten formuliert. Entsprechend werden die einzelnen variablen Kostenblöcke der Deckungsbeitragsrechnung in Abhängigkeit von der Produktionsintensität kalkuliert.

Der Erlös aus der Tierhaltung setzt sich aus dem Markterlös und den Tierprämien zusammen. In die Berechnung des Gesamterlöses fließen zusätzlich noch die mit dem relativen Zukaufswert ökonomisch bewerteten organischen Dünger ein. Die variablen Kosten setzen sich aus den Futterkosten, Zinsansatz und den sonstigen variablen Kosten zusammen. Die sonstigen Kosten setzen sich aus Tierarztkosten, Versicherung, Energiekosten etc. zusammen. Der Deckungsbeitrag in der Tierhaltung berechnet sich aus der Differenz zwischen dem Gesamterlös und den variablen Kosten:

|   |  |
|---|--|
| + | Markterlös   |
| + | Tierprämien  |
| + | relativer Zukaufswert für die Nährstofflieferung aus Wirtschaftsdünger |
| - | Futterkosten   |
| - | Ausbringungskosten der Wirtschaftsdünger                               |
| - | Zinsansatz   |
| - | <u>sonstige variable Kosten</u>  |
| = | Deckungsbeitrag in der Tierhaltung                                     |

Im Rahmen der Agrarpolitik wird für Bullen eine Sonderprämie bezahlt, sofern ein Viehbesatz von 2 GV/ha nicht überschritten wird. Für die Berechnung der maximal förderfähigen Großvieheinheiten wird der Viehbesatz mit der Hauptfutterfläche multipliziert. Im Rahmen dieser Regelung kann der Silomais als Hauptfutterfläche oder als Marktfruchtfläche deklariert werden. Eine Anrechnung der Maisfläche als Hauptfutterfläche und die gleichzeitige Beantragung der Maisprämie ist nicht gestattet.

Wird der Silomais als Marktfruchtfläche deklariert, steht dem Landwirt die Maisprämie zu. Zusätzlich ist er aber, sofern er nicht Kleinerzeuger ist, zur Stilllegung verpflichtet. Die Befragung der Experten ergab, dass sich milchviehhaltende Betriebe für die Maisprämie entscheiden, während die Deklaration des Silomaises als Hauptfutterfläche für die Bullenmastbetriebe lohnender ist. Im Modell sind beide Produktionsverfahren mit den jeweiligen Prämien definiert. Das bedeutet, für Silomais ist die Maisprämie und für die Bullenmast die Bullenprämie in die Deckungsbeitragsberechnung eingeflossen. Um eine Doppelförderung im Modell auszuschließen, ist daher eine Deckungsbeitragskorrektur in das Modell aufgenommen worden:

$$\text{Deckungsbeitragskorrektur} = \frac{\text{Silomaisprämie}(\text{€} / \text{ha})}{\text{Maissilageertrag}(\text{dt} / \text{ha})} * \text{Mastbullenfütterung}(\text{dt})$$

Mit dieser Deckungsbeitragskorrektur wird der Gesamtdeckungsbeitrag einer Region je nach Umfang der Silomaisverfütterung an die Mastbullen korrigiert. Die Fütterungsrestriktionen im Modell verhindern eine einseitige Verfütterung des Silomaises an die nicht prämienberechtigten Rinder.

#### 4.2.2 Kalibrierung des nichtlinearen Modells

Zunächst muss für jedes Produktionsverfahren geklärt werden, ob eine nichtlineare Formulierung des Deckungsbeitrages angebracht ist. Grundsätzlich ist für alle landwirtschaftlichen Kulturen eine nichtlineare Formulierung der Deckungsbeitragsfunktion plausibel, weil davon auszugehen ist, dass mit zunehmendem Anbauumfang die variablen Kosten steigen und die Erträge zurückgehen. Entsprechend wird die allgemeine Form der nichtlinearen Zielfunktion festgelegt:

#### Übersicht 1: Nichtlinearer Teil der Zielfunktion des nichtlinearen Modells

$$GDB = \sum_r \left\{ \sum_{i,v} \left[ NX_{i,v,r} * \left( p_{i,v,r} * \left( \alpha_{i,v,r} - \beta_{i,r} * \sum_v NX_{i,v,r} - \phi_{i,v,r} * NX_{i,v,r} \right) \right) + pr_{i,v,r} - \left( \gamma_{i,v,r} + \delta_{i,r} * \sum_v NX_{i,v,r} + \varphi_{i,v,r} * NX_{i,v,r} \right) \right] + \sum_t \left[ NXT_{t,r} * (yt_{t,r} * pt_{t,r} + prt_{t,r} - vkt_t * (\eta_{t,r} + \rho_{t,r} * NXT_{t,r})) \right] \right\}$$

Variablen:

$GDB$  = Gesamtdeckungsbeitrag (Zielfunktionswert)

$NX_{i,v,r}$  = Anbauumfang ( $NX$ ) der Kultur  $i$  mit der Intensität  $v$  in Landkreis  $r$

$NXT_{t,r}$  = Anzahl ( $NXT$ ) der Tierart  $t$  in Landkreis  $r$

Parameter:

$p_{i,v,r}$  = Preis ( $p$ ) der Kultur  $i$  in Landkreis  $r$

$pr_{i,v,r}$  = Prämie ( $pr$ ) der Kultur  $i$  mit der Produktionsintensität  $v$  in Landkreis  $r$

$yt_{t,r}$  = Leistung ( $yt$ ) der Tierart  $t$  in Landkreis  $r$

$pt_{t,r}$  = Preis ( $p$ ) der Tierart  $t$  in Landkreis  $r$

$prt_{t,r}$  = Prämie ( $pr$ ) der Tierart  $t$  in Landkreis  $r$

$vkt_t$  = variable Kosten ( $vk$ ) der Tierart  $t$

Kalibrierungsparameter

$\alpha_{i,v,r} / \beta_{i,r} / \phi_{i,v,r} / \delta_{i,r} / \varphi_{i,v,r} / \eta_{t,r} / \rho_{t,r}$

Quelle: eigene Darstellung (2003)

Im Rahmen der Ausgleichszahlungen für Kulturpflanzen sind Nicht-Kleinerzeuger, das sind Landwirte, die für mehr als 92 Tonnen Getreide Ausgleichszahlungen beantragen, verpflichtet, 10 % der ausgleichsberechtigten Flächen nicht zu bewirtschaften. Stillgelegte Flächen dürfen nicht als Futterfläche oder zur Erzeugung von Nahrungsmitteln herangezogen werden. Lediglich nachwachsende Rohstoffe dürfen auf diesen Flächen produziert werden. Damit ist zumindest bei stillgelegten Flächen, die nicht für die Produktion von nachwachsenden Rohstoffen dienen, kein ökonomisch relevanter Naturalertrag zu erzielen.

Eine ertragsseitige Kalibrierung ist daher nicht plausibel, stattdessen kann nur eine kostenseitige Kalibrierung durchgeführt werden. Die drei relevanten Kostenblöcke sind die Kosten der Ansaat, die Pflegekosten und der Umbruch. Alle drei Arbeitsgänge erfordern keine Spezialmaschinen, d.h. die Arbeiten werden mit den üblichen Landmaschinen erledigt. Deswegen erscheinen zunehmende variable Kosten aufgrund der steigenden Opportunitätskosten mit zunehmendem Anbauumfang der Flächenstilllegung gerechtfertigt zu sein.

Für einige pflanzliche Produktionsverfahren stehen keine Marktpreise zur Verfügung, wodurch eine ertragsseitige Kalibrierung zunächst nicht möglich ist. Da aber ihre Verwertung und damit ihr Betriebswert über die Nebenbedingung „Futterbilanz“ im linearen Programmierungsmodell mit dem Dualwert bestimmt werden kann, ist es möglich, mit den Dualwerten aus der Futterbilanzgleichung eine ertragsseitige Kalibrierung zu bewerkstelligen (RÖHM, 2001). Diese Vorgehensweise wird für alle Kulturen verfolgt, die an Tiere in den entsprechenden Regionen verfüttert werden.

Eine weitere Gruppe von Produktionsverfahren, mit denen hohe Deckungsbeiträge zu erwirtschaften sind, werden durch Anbaubegrenzungen, wie z.B. Produktionsquoten, Abnahmeverträge oder spezifische agronomische Standortansprüche der Kulturen, Grenzen gesetzt. Die hohen Deckungsbeiträge lassen nicht den Schluss zu, dass hier die Grenzdeckungsbeiträge mit den anderen Kulturen identisch sind, was auch mit dem Handel von Produktionsquoten belegt werden kann. Diese Produktionsverfahren können mit linearen oder mit nichtlinearen Deckungsbeiträgen in das Modell integriert werden (RÖHM, 2001). Lineare Deckungsbeiträge sind ausreichend, sofern die konkurrierenden nichtlinear formulierten Produktionsverfahren in ihrer wirtschaftlichen Rentabilität deutlich unterlegen sind und davon auszugehen ist, dass in den Szenarien die wirtschaftliche Überlegenheit der Produkte, die einer Mengenbegrenzung unterliegen, bestehen bleibt. In einem Szenario, bei dem der Grenzdeckungsbeitrag eines kalibrierten Produktionsverfahrens über dem linearen Deckungsbeitrag einer quotierten Kultur liegen würde, würde dies zu einer deutlichen Abnahme der Kultur mit der Anbaubegrenzung führen. Aus diesem Grund scheint eine nichtlineare Formulierung für Kulturen, die einer Anbaubegrenzung unterliegen, notwendig.

Wie bereits erwähnt, ergeben sich die Anbaubegrenzungen durch agronomische Standortansprüche der Kulturen oder durch marktpolitische Rahmenbedingungen. Eine Anbauausdehnung der rentablen Zuckerrübenproduktion kann aufgrund der Produktionsquoten nicht stattfinden. In den vergangenen Jahren hat der Zuckerrübenanbau gegenüber den anderen Kulturen einen Wettbewerbsvorsprung erreicht, der den Schluss zulässt, dass die Grenzerlöse des Produktionsverfahrens Zuckerrübenanbau die Grenzerlöse der Marktfrüchte deutlich übersteigen. Gestützt wird diese These durch den Handel mit Zuckerrübenlieferrechten. Ein weiterer Aspekt, der bei der Kalibrierung zu berücksichtigen ist, sind die Marktpreise für die Zuckerrübenquoten. Hierbei handelt es sich um Nutzungskosten, die bei den kalkulierten Deckungsbeiträgen bisher nicht berücksichtigt werden. Konsequenterweise sind die Schattenpreise um die Nutzungskosten der Zuckerrübenquote, die sich aus den Marktpreisen für Zuckerrübenquoten ableiten lassen, zu reduzieren.

Bei Kartoffeln ist die Anbaumenge je nach Verwendungszweck durch Quoten oder durch den Absatz, der durch eine preisunelastische Nachfrage gekennzeichnet ist, begrenzt. In der Regel ist häufig der Kartoffel- und der Gemüseanbau mit Anbau- und Abnahmeverträgen der verarbeitenden Nahrungsmittelindustrie organisiert. In diesen Verträgen wird die maximale Abnahmemenge festgelegt. Oft müssen Landwirte die Risiken, die von Preisschwankungen ausgehen, sofern die Erzeugnisse auf den Großmärkten abgesetzt werden, abdecken. Entsprechend fallen für diese Kulturen auch Nutzungskosten von Absatzkontingenten an, die aber nicht ermittelt werden konnten. Aus diesem Grund wird die Hälfte des Schattenpreises als Nutzungskosten für die Beteiligung bzw. als Ausgleich für Marktrisiken festgelegt. Die Differenz zwischen dem im linearen Programmierungsmodell ermittelten Schattenpreis und den Nutzungskosten dient zur Kalibrierung des nichtlinearen Funktionsverlaufs.

In die Kategorie der Kulturen mit besonderen agronomischen Standortanforderungen lassen sich in der Regel die Sonderkulturen einordnen. Mit Sonderkulturen lassen sich an geeigneten Standorten besonders hohe Lagerernten erzielen. Bei einer weiteren Ausdehnung des Anbauumfanges der Sonderkulturen auf nicht optimale Standorte ist die Wettbewerbsfähigkeit häufig nicht gegeben. Typische Beispiele sind der räumlich konzentrierte Obst- oder Hopfenanbau. Für diese Kulturen ist eine Kalibrierung mit einer Lagerernte durchaus zweckmäßig, da der Anbau dieser mehrjährigen Kulturen an diesen

Standorten eine höhere Wertschöpfung statt findet. Das bedeutet, dass für diese Kulturen die Bedingung der Gleichheit aller Grenzerlöse außer Kraft gesetzt wird, ohne dabei die Optimalitätsbedingung zu verletzen. Für die Kalibrierung wird ebenso die Hälfte des Schattenpreises als Lagerente kalkuliert.

Auch in der Tierhaltung stellt sich die Frage, wie diese kalibriert werden sollen. Da nur regionale Daten über die Milchleistung vorliegen und keine weiteren regionalen Leistungsdaten zur Verfügung stehen, wird von einer ertragsseitigen Kalibrierung abgesehen. Die Verfahren in der Tierhaltung abgesehen von der Milchviehhaltung, auf die im Folgenden noch eingegangen wird, sind so kalibriert, dass die Grenzdeckungsbeiträge in der Ausgangssituation Null sind. Diese Vorgehensweise wird gewählt, da sich der Viehbestand in der Untersuchungsregion in den letzten Jahren stets verringert hat. Entsprechend stehen leere Stallplatzkapazitäten zur Verfügung, was die Annahme zulässt, dass die kurzfristige Angebotsgrenze aufgrund der leerstehenden Stallplätze unterschritten wird.

In der Milchviehhaltung wird die gleiche Vorgehensweise wie bei der Kalibrierung der Zuckerrüben gewählt. Auch hier werden Nutzungskosten aus dem Verkaufspreis der Milchquote abgeleitet. Entsprechend der regionalen Milchleistung des Produktionsverfahrens und dem Ertragswert je Mengeneinheit werden die Nutzungskosten berechnet.

Ein weiterer Aspekt, der zu berücksichtigen ist, sind Flächenentzugsszenarien und eine Änderung der Flächenstilllegungsverpflichtung. Bei einem Flächenentzug durch Städtebauaktivitäten oder Infrastrukturaufbau werden in der Regel Flächen mit durchschnittlichen agronomischen Standorteigenschaften in Anspruch genommen. Für die landwirtschaftlichen Kulturen ist daher keine Änderung des durchschnittlichen Deckungsbeitrages zu erwarten. Eine Unterlassung der Anpassung der Kalibrierungskoeffizienten hätte jedoch zur Folge, dass der durchschnittliche Deckungsbeitrag aufgrund der Modellformulierung ansteigen würde. Diese Tatsache wird mit einer Anpassung der Kalibrierungsrestriktion berücksichtigt, indem die Steigungen der Kalibrierungskoeffizienten an die veränderte Flächenausstattung angepasst werden. Die nachfolgende Gleichung gibt die modifizierte Berechnung bei einer Flächenänderung wieder:

$$\hat{X}_{a,v,r} = \frac{X_{a,v,r} * \left( \sum_{a,v} X_{a,v,r} - FE_r \right)}{\sum_{a,v} X_{a,v,r}}$$

$\hat{X}_{a,v,r}$  modifizierter Umfang der Ackerfläche im Referenzjahr nach einem Ackerflächenentzug

$X_{a,v,r}$  Umfang der Ackerfläche im Referenzjahr

$FE_r$  Flächenentzug

Eine weitere Modifikation berücksichtigt die Änderung der Stilllegungsverpflichtung. Die oben dargestellte Berechnungsform muss noch erweitert werden, da eine Änderung der Flächenstilllegungsrate nur die preisausgleichsberechtigten Kulturen betrifft. Auf die nicht-preisausgleichsberechtigten Kulturen hat die Änderung der Flächenstilllegungsrate keinen Einfluss. Ein weiterer Faktor, der in die Berechnung einfließt, ist der Flächenstilllegungsanteil im Referenzjahr in den einzelnen Regionen. Trotz einer Stilllegungsverpflichtung von 15 % wird in keinem Landkreis des Untersuchungsgebietes die Stilllegungsfläche erreicht, da zahlreiche Betriebe an der Kleinerzeugerregelung teilnehmen oder den Silomais als Hauptfutterfläche deklarieren. Zuerst wird daher eine Modifikation der regionalen Flächenstilllegung nach folgendem Schema vorgenommen:

$$\Delta X_{stil,v,r} = \frac{SQ_S}{SQ_B} * X_{stil,v,r}$$

$\Delta X_{stil,v,r}$  Differenz der Flächenstilllegung zwischen dem Szenario und Referenz

$SQ_B$  Stilllegungsquote Referenz

$SQ_S$  Stilllegungsquote Szenario

$X_{stil,v,r}$  Umfang der Flächenstilllegung in der Basissituation

Die Änderung der Stilllegungsfläche ist anschließend von der aktuellen Stilllegungsverpflichtung zu subtrahieren, um die Flächenänderung zu erfassen. Im folgenden Schritt ist der Anbauumfang der preisausgleichsberechtigten Kulturen und die berechnete Flächenstilllegung zu addieren. Das Ergebnis wird anschließend in die Gleichung der Flächenänderung eingesetzt (RÖHM, 2001):

$$\hat{X}_{mf, v, r} = X_{mf, v, r} * \frac{\sum_{mf, v} X_{mf, v, r} + (X_{stil, v, r} - \Delta X_{stil, v, r})}{\sum_{mf, v} X_{mf, v, r}}$$

|                      |  |
|----------------------|--|
| $\hat{X}_{mf, v, r}$ | modifizierter Anbauumfang der preisausgleichsberechtigten Marktfrüchte ( <i>mf</i> ) in der Referenzsituation nach einer Änderung der Stilllegungsquoten |
| $X_{mf, v, r}$       | Anbauumfang der preisausgleichsberechtigten Marktfruchtfläche im Referenzjahr  |

Mit dieser Methode von RÖHM (2001) ist es möglich, den durchschnittlichen Deckungsbeitrag der Kulturen auch bei einer Änderung der Flächenstilllegungsrate konstant zu halten.

#### 4.2.3 Prozessanalytischer Ansatz des nichtlinearen Modells

Der prozessanalytische Aufbau des nichtlinearen Modells stimmt in wesentlichen Teilen mit dem linearen Modell überein. Die Zielfunktion und einige Restriktionen werden modifiziert, während einige Nebenbedingungen nicht mehr benötigt werden. Des weiteren wird der prozessanalytische Ansatz um einige Gleichungen ergänzt, da diese Nebenbedingungen im Referenzjahr noch nicht begrenzend wirken. Die Nebenbedingungen müssen daher bei der Modellrechnung im Referenzjahr nicht implementiert sein. Außerdem ist mit dieser Vorgehensweise sicher gestellt, dass die Schattenpreise eindeutig den einzelnen Kalibrierungsrestriktionen zuzuordnen sind. Dass der modifizierte nichtlineare prozessanalytische Ansatz keine Veränderung des Ergebnisses hervorbringt, wird mit einem Testlauf des nichtlinearen Modells, in dem sowohl der Gesamtdeckungsbeitrag als auch die Produktionsumfänge der einzelnen Produktionsverfahren im Referenzjahr mit den Ergebnissen des linearen Optimierungslaufes übereinstimmen, überprüft.

Einige der linearen Nebenbedingungen sind im nichtlinearen Ansatz überflüssig. Nicht mehr benötigt werden die Gleichungen, die das lineare Modell auf die beobachteten Anbauumfänge des Referenzjahres kalibrieren. Hierzu gehören die Gleichungen, die den Anbauumfang der einzelnen Kulturen begrenzen. Auch die Restriktionen für den beobachteten Anbauumfang der einzelnen Intensitätsstufen sind überflüssig.

Bei einer ertragsseitigen Kalibrierung sind einige Nebenbedingungen zu modifizieren (RÖHM, 2001). Der sich verminderte Ertrag in der Zielfunktion wird auch in die Nebenbedingung Futterbilanz und die Mengengrenzungen für Ackerkulturen und Milch integriert, um die Konsistenz des Ansatzes aufrecht zu erhalten. Die genannten Nebenbedingungen werden um den ertragsseitigen Effekt erweitert. Damit hat die ertragsbedingte Kalibrierung nicht nur auf die Entwicklung des Deckungsbeitrages eine Wirkung, sondern beeinflusst zusätzlich durch die modifizierte Nebenbedingung das Szenarioergebnis. Ein hoher Schattenpreis führt bei einer ertragsseitigen Kalibrierung zu einer raschen Abnahme der Erträge pro Hektar mit zunehmendem Anbauumfang, die sich auch in der Futterbilanzgleichung bemerkbar machen, während bei einer kostenseitigen Kalibrierung keine Auswirkungen auf die Futterbilanz entstehen. Das gleiche Phänomen tritt auch in der Mengenrestriktion für Produkte mit einer Mengengrenzung auf.

Bei der Futterrationengleichung ist die Frage zu klären, ob die Fütterungsaktivitäten linear oder nichtlinear in das Modell zu integrieren sind. Eine nichtlineare Darstellung der Futtermittel wird nicht vorgenommen, da zahlreiche Futtermittel zur Verfügung stehen. Außerdem ist durch die Vorgabe von Höchstmengen für einzelne Futtermittel ebenso wie durch die Berücksichtigung der wichtigsten Inhaltsstoffe eine praxisnahe Rationsoptimierung innerhalb des Modells gewährleistet.

In der Basissituation wird der maximale Stilllegungsanteil in den einzelnen Regionen nicht erreicht. In den vergangenen Jahren sind die Flächenzahlungen weiter erhöht und gleichzeitig die Marktpreise für die preisausgleichsberechtigten Kulturen gesenkt worden. Eine der Folgen dieser agrarpolitischen Maßnahmen ist, dass die Flächenstilllegung gegenüber dem Marktfruchtanbau an Rentabilität gewonnen hat und zukünftig bei weiteren Interventionspreissenkungen weiter ansteigt. Um sicher zu stellen, dass die Höchststilllegungsquote der Agenda 2000 von 33 % der preisausgleichsberechtigten Kulturen nicht überschritten wird, wird eine Restriktion eingeführt.

Zwischenfrüchte können den Reststickstoff der Hauptfrüchte organisch binden und vermindern damit den Nitrataustrag in das Grundwasser. So wird der Anbau von Zwischenfrüchten über Agrarumweltprogramme bzw. in Wasserschutzgebieten finanziell gefördert. Zwischenfrüchte können aber nur nach frühräumenden Hauptfrüchten angebaut werden. Ebenso können auf Flächen, die im Herbst wieder bestellt werden, keine

Zwischenfrüchte angebaut werden. Für das nichtlineare Modell werden aus diesem Grund zwei weitere Bedingungen eingeführt, die diesem Umstand Rechnung tragen. Entsprechend kann eine Aussaat von Zwischenfrüchten nur auf Flächen stattfinden, auf denen die Nachfrucht erst im Frühjahr des folgenden Jahres bestellt wird.

Die Tierhaltungsverfahren werden, wie bereits geschildert, kostenseitig kalibriert. Des Weiteren ist zu überlegen, ob Stallbegrenzungen für jedes Produktionsverfahren in der Tierhaltung sinnvoll sind. Einige Verfahren wie die Bullen- und Färsenmast oder die Aufzucht von männlichen und weiblichen Kälbern können in identischen Ställen durchgeführt werden. Dieses wird bei der Formulierung der maximalen Stallplatzkapazität berücksichtigt, indem für einige Produktionsverfahren mit vergleichbaren Haltungsansprüchen die Stallplätze zusammengefasst sind.

Für Szenarien, bei denen die Trinkwasserversorgung für die Landwirtschaft begrenzt wird, wird eine zusätzliche Nebenbedingung eingeführt, mit der die verfügbare Trinkwassermenge kontingiert werden kann.

**Abbildung 9: Wichtige Nebenbedingungen des nichtlinearen Modells**

Indizes (in Klammern der jeweils übergeordnete Index)

|              |   |  |
|--------------|---|--|
| $i$          | = | Kulturen   |
| $v$          | = | Intensität   |
| $r$          | = | Landkreis  |
| $af(i)$      | = | Ackerkulturen  |
| $f_{ppf}(i)$ | = | Kulturen, deren Erträge an die Tiere verfüttert werden können                              |
| $gl(i)$      | = | bewirtschaftete Grünlandfläche   |
| $mf(i)$      | = | Marktfrüchte, für die im Rahmen der Preisausgleichszahlungen Flächenprämien gewährt werden |
| $qi(i)$      | = | Kulturen, für die Anbaubegrenzungen in Form von Quoten existieren                          |
| $zf(i)$      | = | Zwischenfrüchte  |
| $zfn(i)$     | = | Kulturen, nach denen eine Zwischenfrucht angebaut werden kann                              |
| $zfv(i)$     | = | Kulturen, vor denen eine Zwischenfrucht angebaut werden kann                               |
| $vg(v)$      | = | Nutzung des Grünlandes als Heu oder Silage   |
| $n(v)$       | = | Nutzungsintensität des Grünlandes (zwei oder drei Schnitte)                                |
| $t$          | = | Tierhaltungsverfahren  |
| $r$          | = | Landkreis (=Regionshof)  |
| $zpt$        | = | tierische Produkte (z.B. aufgezogenes Kalb, Fresser)                                       |
| $f$          | = | Futtermittel   |
| $in$         | = | definierte Nährstoffe der Futtermittel (z.B. Energie- oder Rohproteingehalt)               |

Parameter:

|  |   |   |
|--|---|---|
| $yiv_{i,v,r}$  | = | Bruttoertrag  |
| $ni_{f,in}$  | = | Nährstoffgehalt des Futtermittels $f$   |
| $nb_{t,in}$  | = | Nährstoffbedarf der Tierart $t$   |
| $spt_t$  | = | Stallplatzbedarf je Produktionseinheit  |
| $ba_{zpt,t}$   | = | Bestandsänderung in der Tierhaltung durch Tierhaltungsaktivitäten                                   |
| $fut_{ppf}$  | = | Futtermittelflusskoeffizient in Abhängigkeit von der Kultur und dem Konservierungsverfahren         |
| $wbt_t$  | = | produktionsverfahrensspezifischer Wasserbedarf in der Tierhaltung                                   |
| $wbp_{i,v,r}$  | = | produktionsverfahrensspezifischer Wasserbedarf im Ackerbau  |
| $sqm_r$  | = | maximaler Flächenstilllegungsanteil nach EU-Verordnung  |
| $\alpha_{fppf, v, r} / \beta_{fppf, r, r} / \phi_{fppf, v, r}$ | = | Kalibrierungsterme  |
| $mwa_r$  | = | regionales maximales Wasserangebot  |
| $yiv_{qi, v, r}$   | = | Bruttoertrag  |
| $rq_{qi, r}$   | = | regionale Produktionsquoten   |
| $SQ_r$   | = | regionale Stilllegungsquote   |
| $STP_{r,t}$  | = | Stallplätze in der Ausgangssituation  |
| $A_{i, v, r}$  | = | beobachteter Anbaumumfang ( $A$ ) der Kultur $i$ mit der Produktionsintensität $v$ im Landkreis $r$ |

Variablen:

|               |   |   |
|---------------|---|---|
| $NX_{i,v,r}$  | = | Anbaumumfang ( $NX$ ) der Kultur $i$ mit der Intensität $v$ in Landkreis $r$  |
| $NXT_{t,r}$   | = | Anzahl ( $NXT$ ) der Tierart $t$ in Landkreis $r$                             |
| $NXH_{f,r}$   | = | Zukauf ( $NXH$ ) von Futtermittel oder Wasser $f$ im Landkreis $r$            |
| $NXF_{f,t,r}$ | = | Fütterungsaktivität ( $NXF$ ) des Futtermittels $f$ an Tier $t$ in Region $r$ |

**Nebenbedingungen:**

**Flächenbegrenzung für Ackerland** 
$$\sum_{af,v} NX_{af,v,r} \leq \sum_{af,v} A_{af,v,r}$$

**Flächenbegrenzung für Grünland** 
$$\sum_{gl,v} NX_{gl,v,r} \leq \sum_{gl,v} A_{gl,v,r}$$

**maximale Stallplatzkapazitäten** 
$$NXT_{t,r} * spb_t \leq SPT_{r,t}$$

**Bestandsergänzung in der Tierhaltung** 
$$\sum_t NXT_{t,r} * ba_{zpt,t} \geq 0$$

**Futtermittelsgleichung** 
$$NXT_{t,r} * nb_{t,in} \leq \sum_f [ni_{f,in} * NXF_{f,t,r}]$$

**Futterbilanz** 
$$\sum_t NXF_{f,t,r} \leq \sum_{f,v} \left[ NX_{f,v,r} * \left( \begin{matrix} \alpha_{f,v,r} - \beta_{f,v,r} * \sum_v NX_{f,v,r} \\ -\phi_{f,v,r} * NX_{f,v,r} \end{matrix} \right) * fut_{f,v,r} \right] + NXH_{f,v,r}$$

**Flächenstilllegungsverpflichtung** 
$$\sum_{mf,v} NX_{mf,v,r} * SQ_r \leq \sum_{still,v} NX_{still,v,r}$$

**maximale Flächenstilllegung** 
$$\sum_{mf,v} NX_{mf,v,r} * sqm_r \geq \sum_{still,v} NX_{still,v,r}$$

**Wasserbedarf in der Landwirtschaft** 
$$\sum_t [NXT_{t,r} * wbt_t] + \sum_{i,v} [NX_{i,v,r} * wbp_{ak,v,r}] \leq NXH_{was,r}$$

**Maximale Wasserbereitstellung für die Landwirtschaft** 
$$mwa_r \geq NXH_{was,r}$$

**Produktionsmengenbegrenzungen für Ackerkulturen**

$$rq_{qi,r} \geq \sum_v \left[ NX_{qi,v,r} * \left( \begin{matrix} \alpha_{qi,v,r} - \beta_{qi,v,r} * \sum_v NX_{qi,v,r} \\ -\phi_{qi,v,r} * NX_{qi,v,r} \end{matrix} \right) \right]$$

**Hauptkulturen, vor denen Zwischenfrüchte angebaut werden können** 
$$\sum_{zf,v} NX_{zf,v,r} \geq \sum_v NX_{zf,v,r}$$

**Hauptkulturen, nach denen Zwischenfrüchte angebaut werden können** 
$$\sum_{zfn,v} NX_{zfn,v,r} \geq \sum_v NX_{zf,v,r}$$

Quelle: eigene Darstellung (2003)

#### **4.2.4 Fortschreibung exogener Variablen**

Das Modell bedient sich zahlreicher exogener Parameter, die als Werte vorgegeben werden müssen und sich im Zeitablauf ändern. Wichtige Parameter, die sich im Zeitablauf verändern können, sind:

- Produktionsfunktionen
- Erträge und Preise der landwirtschaftlichen Produkte
- Einsatz und Kosten landwirtschaftlicher Produktionsfaktoren.

Eine Änderung der Produktionsverfahren kann durch einen effizienteren Einsatz von Produktionsfaktoren herbeigeführt werden. Ebenfalls wird die zu erwartende Klimaänderung auch Auswirkungen auf die Produktionsverfahren haben. Experten erwarten nicht nur eine Veränderung der Anbaustruktur, sondern eine Modifikation bestehender bzw. Etablierung neuer Produktionsverfahren. Eine Veränderung der Produktionsverfahren ist im Modell nicht vorgesehen, weil hierfür eine Potentialanalyse der zukünftigen Entwicklung der Ertragsfähigkeit der untersuchten landwirtschaftlichen Standorte notwendig ist, die den Umfang dieser Arbeit übersteigen würde. Außerdem soll das Modell vorrangig für die Analyse von kurz- und mittelfristigen Änderungen eingesetzt werden, infolgedessen sind keine großen Änderungen der Produktionsverfahren und Produktionsfunktionen der einzelnen Kulturen zu erwarten.

Durch den technischen Fortschritt steigen die Erträge der Ackerkulturen jährlich an. Um den technischen Fortschritt in das Modell zu integrieren, werden jährliche Ertragssteigerungen bei den Ackerkulturen aus der Erntestatistik mittels einer linearen Regression abgeleitet. Als Basis des Modells werden die Entwicklungen der Durchschnittserträge im Untersuchungsgebiet zwischen 1980 und 1998 herangezogen. Um jährlich auftretende Ertragsschwankungen abzumildern, die in der Regel auf die Witterung zurückzuführen sind, wird zuerst ein gleitender Durchschnitt über drei Jahre gebildet. Die mittels linearer Regression errechneten Ertragssteigerungen liegen im Durchschnitt bei etwa einer Dezitonne pro Hektar und Jahr, wobei die Werte für die einzelnen Kulturen zwischen 0,5 dt/ha bei Hafer und 1,5 dt/ha bei Körnermais schwanken. Die Bestimmtheitsmaße der linearen Regressionen liegen in der Regel über 50 %. Die folgende Tabelle gibt die jährlichen Ertragssteigerungen sowie die Bestimmtheitsmaße der Regressionen von den wichtigsten landwirtschaftlichen Kulturen wider.

**Tabelle 20: Ertragssteigerungen landwirtschaftlicher Kulturen in Bayern**

| Kultur       | jährliche Ertragssteigerung | Bestimmtheitsmaß R <sup>2</sup> |
|--------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Hafer        | 0,5 dt /ha                  | 0,52                            |
| Kartoffeln   | 5 dt/ha                     | 0,74                            |
| Körnermais   | 1,4 dt/ha                   | 0,87                            |
| Raps         | 0,1 dt/ha                   | 0,21                            |
| Sommergerste | 0,6 dt/ha                   | 0,55                            |
| Wintergerste | 0,7 dt/ha                   | 0,46                            |
| Winterroggen | 1,1 dt/ha                   | 0,87                            |
| Winterweizen | 0,9 dt/ha                   | 0,62                            |
| Zuckerrübe   | 3,4 dt/ha                   | 0,71                            |

Quelle: BSTMLF 1998 und eigene Berechnungen 2002

Die Ergebnisse zeigen den jährlichen technischen Produktionsfortschritt auf, der sich u. a. in den jährlichen Ertragssteigerungen widerspiegelt. Bei Getreide werden Ertragssteigerungen bis zu einer Dezitonne je Hektar verwirklicht. Insbesondere bei den weit verbreiteten Getreidearten sind die Ertragssteigerungen am größten. Auch bei den Hackfrüchten wie Zuckerrübe oder Kartoffeln sind deutliche Ertragszunahmen zu verzeichnen.

Nicht nur in der Pflanzenproduktion führt der technische Fortschritt zu Leistungssteigerungen, sondern auch in der Tierhaltung werden die Leistungen jährlich gesteigert. Im Untersuchungsgebiet ist im Durchschnitt in den vergangenen 20 Jahren eine jährliche Milchleistungssteigerung von etwa 50 kg je Milchkuh realisiert worden. Durch die Leistungssteigerung in Verbindung mit den Milchquoten werden Produktionskapazitäten in der Milchviehhaltung freigesetzt. Konsequenterweise ist mit dem Anstieg der Milchleistung eine Abnahme der Milchkuhe verbunden. Auch die steigende Anzahl von Mutterkühen ermöglicht es nicht, das Kälberangebot für die Jungviehaufzucht aufrecht zu halten. Im Modell wird daher eine maximale Zukaufsaktivität von Jungvieh in Höhe der Zukaufsaktivitäten im Basisjahr festgesetzt.

Aufgrund der Inflation steigen die Kosten der landwirtschaftlichen Produktionsfaktoren jährlich an. Für die vier variablen Kostengruppen Pflanzenschutzmittel-, Maschinen-, Energie- und Düngemittelkosten werden die jährlichen Kostensteigerungen anhand der Preisindizes für die jeweilige Gruppe aus den Angaben des BML abgeleitet (BML, 1985-1995). Für die Untersuchung werden die Indizes der Jahre 1990 bis 1998 herangezogen.

Besonders auf den Düngemittelmärkten treten jährliche Preisschwankungen auf, weswegen bei den Düngemittelpreisen eine Datenglättung vorgenommen wird. Auch hier wird ein gleitender dreijähriger Durchschnitt für die Preise verwendet. Als Ergebnis wird eine jährliche Preissteigerung von 1,5 % abgeleitet.

Die Realisierung der Ertragssteigerungen zieht eine höhere Nährstoffaufnahme nach sich, die wiederum über eine erhöhte Düngergabe gedeckt werden muss. Bei der Berechnung der jährlichen Nährstoffkosten sind deswegen nicht nur inflationsbedingte Kostensteigerungen in die Kalkulation mit einbezogen, sondern auch der zusätzliche Bedarf an Düngemitteln.

Im Untersuchungsgebiet unterliegt die Landwirtschaft einem starken Strukturwandel. Zahlreiche Betriebe werden aufgegeben und die Arbeitskräfte wandern aus dem landwirtschaftlichen Sektor ab. In den letzten 50 Jahren sind innerhalb eines Jahrzehntes im Durchschnitt 30 % der Arbeitskräfte aus der Landwirtschaft ausgeschieden. Der Rückgang der Arbeitskräfte kann durch den Produktivitätsfortschritt in der Landwirtschaft nicht ausgeglichen werden, was sich an der Aufgabe arbeitsintensiver und wenig rentabler Produktionsverfahren zeigt. In Zukunft ist zu erwarten, dass die Arbeitszeit einen knappen Faktor darstellen könnte, da sich die Lohndifferenz zwischen den landwirtschaftlichen Einkommen und dem Industrieinkommen hoch ist. Konsequenterweise wird daher eine Restriktion in das Modell eingeführt, die das veränderte Arbeitskräfteangebot berücksichtigt und jährlich die Arbeitskapazität um 3 % vermindert. Es sind die vier Feldarbeitszeitspannen Frühjahrsbestellung, Hackfruchtpflege, Getreideernte und Hackfruchternte berücksichtigt. Die in den Blockarbeitszeitspannen zur Verfügung stehenden Feldarbeitstage sind aus einer Datensammlung entnommen (KTBL, 1994). Der durchschnittliche jährliche Produktivitätsfortschritt beträgt etwa 1 %, weswegen jährlich der Arbeitszeitanpruch für jedes Produktionsverfahren um 1 % gekürzt wird.

## 5 Analyse der Modellergebnisse

Im folgenden Kapitel werden zuerst die Modellierungsergebnisse der Basisperiode vorgestellt, wobei zuerst das Referenzjahr 1995 zur Überprüfung der Abbildungsgenauigkeit berechnet wird. Nach der Berechnung des Prognosefehlers des Referenzjahres werden die Ergebnisse der Sensitivitätsanalyse vorgestellt, bevor die Stand-Alone-Version des Modells für die Analyse diverser Politikszenerarien eingesetzt wird.

### **5.1 Beschreibung des Status-quo in den Modellregionen**

Da der nichtlineare Referenzlauf des Basisjahres keine Änderungen im Untersuchungsgebiet hervorruft, wird bereits an dieser die Referenzsituation des Untersuchungsgebietes beschrieben.

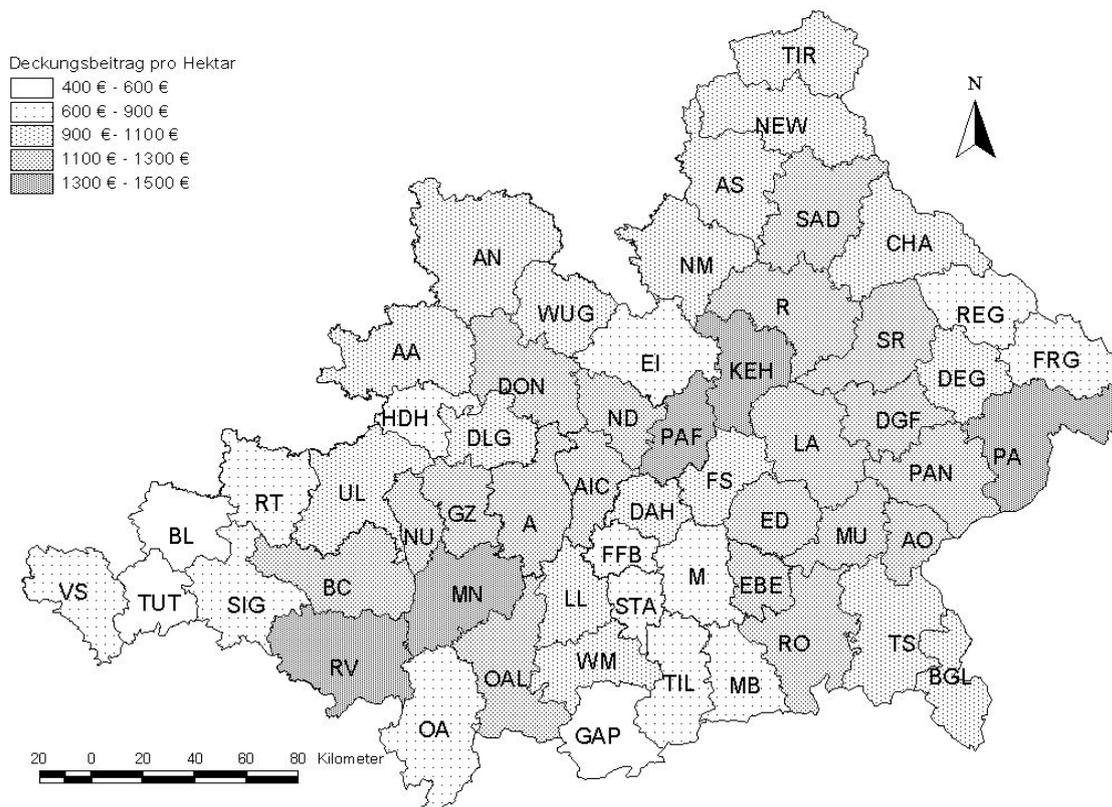
#### **5.1.1 *Ökonomische Modellergebnisse***

Als Bewertungsmaßstab für den ökonomischen Erfolg dient der Deckungsbeitrag, dessen Berechnung im vorausgegangenem Kapitel erläutert wurde. Um die Regionen miteinander vergleichen zu können, wird der berechnete Gesamtdeckungsbeitrag jedes Regionshofes pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche und pro Arbeitskraft ausgewiesen. Dabei ist zu beachten, dass bei der Deckungsbeitragsrechnung die Fixkosten unberücksichtigt bleiben. Da die Fixkosten in der Regel in der Tierhaltung höher sind, ist ein Vergleich der Regionshöfe aufgrund der unterschiedlichen Produktionsschwerpunkte nur mit Einschränkungen möglich. Dennoch lassen sich aus der Höhe des Deckungsbeitrages in den Regionshöfen Rückschlüsse auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren ziehen.

Im Durchschnitt erwirtschaften die Betriebe im Referenzjahr 1995 einen Deckungsbeitrag von 1.036 € pro Hektar. Den höchsten Deckungsbeitrag pro Hektar erzielt der Regionshof Unterallgäu mit 1.455 €, dicht gefolgt vom Regionshof Pfaffenhofen mit 1.449 €. Den niedrigsten Deckungsbeitrag pro Hektar erzielt der Regionshof im Zollernalbkreis mit 439 €. Die großen Unterschiede der Deckungsbeiträge pro Hektar sind auf die Spezialisierung und die unterschiedlichen Ertragsniveaus der Regionshöfe zurückzuführen.

Hohe Deckungsbeiträge werden in Regionen mit einer umfangreichen Tierhaltung erwirtschaftet oder auf klimatisch günstigen Standorten, auf denen gute Voraussetzungen für den Anbau von Sonderkulturen oder Hackfrüchten vorzufinden sind. Viele Landkreise im Tertiär-Hügelland können aufgrund der günstigen Produktionsbedingungen und der umfangreichen Tierhaltung Deckungsbeiträge von über 1.000 € pro Hektar erzielen. Nur in den Landkreisen München, Fürstentum und Starnberg liegt aufgrund der geringeren Tierhaltung der Deckungsbeitrag unter 1.000 €/ha. Deutlich niedrige Deckungsbeiträge pro Hektar werden in den extensiven Grünland- und Ackerbauregionen erwirtschaftet, wie z.B. in den Landkreisen der Ostbayerischen Mittelgebirge sowie in den Landkreisen des Nordbayerischen Hügellandes. Auch große Teile des Einzugsgebietes in Baden-Württemberg gehören zu der Landkreisgruppe mit niedrigen Deckungsbeiträgen pro Hektar. Die Karte 6 weist die regionalen Unterschiede der Deckungsbeiträge aus.

**Karte 6: Deckungsbeitrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche in den Regionshöfen im Referenzjahr 1995**

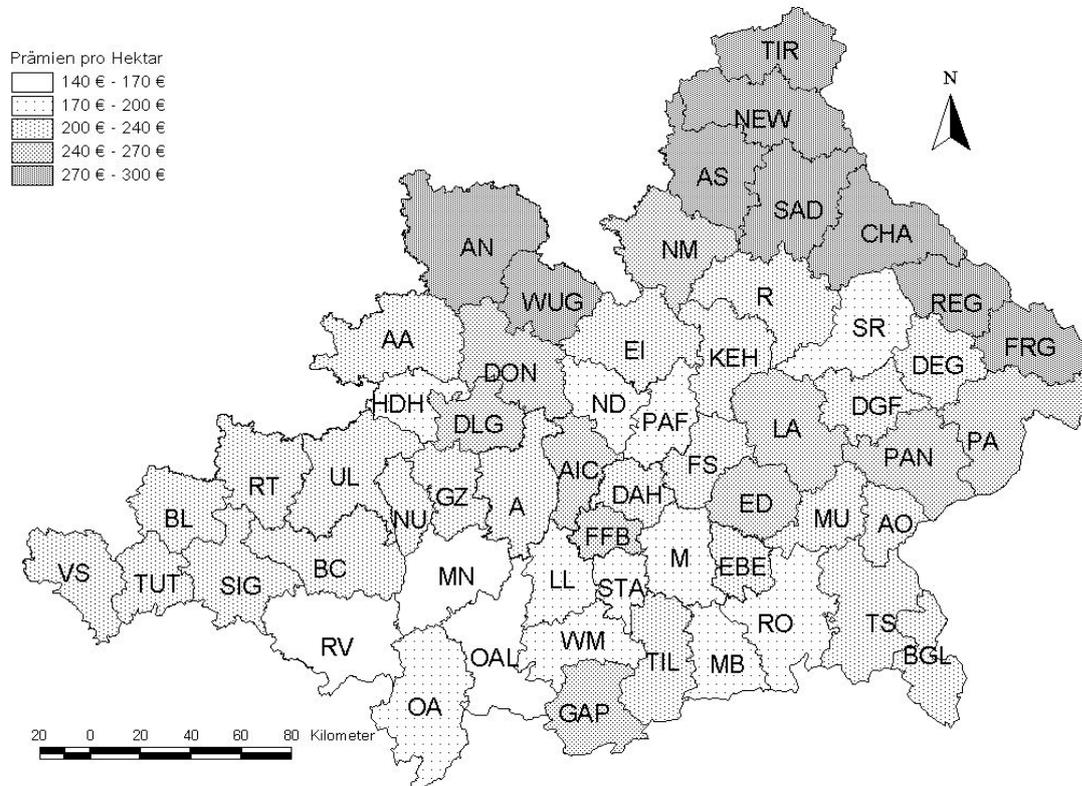


Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Die Deckungsbeiträge können nur als Teilindikator für die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren dienen. Vielmehr müssen Prämien und Subventionen auch berücksichtigt werden, um abschließend eine Beurteilung der Wirtschaftlichkeit vornehmen zu können. Einen bedeutenden Einfluss auf die Höhe der Deckungsbeiträge haben seit der Agrarreform die Flächenausgleichszahlungen für Marktfrüchte und die Prämien für Bullen und Mutterkühe. Zusätzliche Prämien erhalten Landwirte für Grünland im Rahmen von Agrarumweltprogrammen oder in benachteiligten Gebieten durch die Ausgleichszulage. Um die Bedeutung der Prämien zu ermitteln, werden die Prämien pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche berechnet.

Die Landwirtschaftliche Nutzfläche im Untersuchungsgebiet wird durchschnittlich mit 230 €/ha Direktzahlungen subventioniert. Die Direktzahlungen setzen sich aus der Ausgleichszulage, der Kulturpflanzenregelung sowie der Prämien im Rahmen der Agrarumweltprogramme zusammen. Die Förderungshöhe pro Hektar variiert in den einzelnen Landkreisen von 138 € im Landkreis Ravensburg bis zu 301 € im Landkreis Tirschenreuth. Die niedrigsten Prämien erhalten die Landkreise in den Alpen und im Alpenvorland mit intensiver Milchviehhaltung. Landkreise, die einen höheren Ackerflächenanteil aufweisen, profitieren von den Prämienzahlungen im Rahmen der Agrarreform 1992. Intensive Bullenmastgebiete sind durch höhere Prämienzahlungen von den restlichen Ackerstandorten leicht zu unterscheiden. In den Landkreisen mit den höchsten Prämienzahlungen je Hektar handelt es sich um Grenzstandorte mit einer niedrigen Landwirtschaftlichen Vergleichszahl. Diese Regionen erhalten über 270 € Prämie pro Hektar, da in diesen Regionen die Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete überdurchschnittlich hoch sind.

**Karte 7: Prämienzahlungen an die Regionshöfe pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche im Referenzjahr 1995**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000); eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Ein weiterer wichtiger Indikator für die Wirtschaftlichkeit des Faktoreinsatzes der Produktionsverfahren ist der Deckungsbeitrag pro Arbeitskraftstunde. Im Basisjahr 1995 wird ein durchschnittlicher Deckungsbeitrag von 23.526 € pro Arbeitskraft im Untersuchungsgebiet erwirtschaftet. Bei einem jährlichen Arbeitspensum von 2.200 Stunden entspricht dies einem Deckungsbeitrag von 10,85 €/AKh. Auch hier sind große Variationen in den Modellregionen vorzufinden. Bei intensiven Ackerbauregionen ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Saisonarbeitskräfte im Feldgemüseanbau ebenfalls aus dem errechneten Gesamtdeckungsbeitrag entlohnt werden. Da Saisonarbeitskräfte in der Regel niedrigere Stundenlöhne als die ständigen Arbeitskräfte erhalten, sind die Deckungsbeiträge der ständigen Arbeitskräfte in diesen Regionen in der Realität deutlich höher. Die höchsten Deckungsbeiträge pro Arbeitskraft werden in extensiven Regionen erwirtschaftet. München liegt aufgrund der geringen Tierhaltung mit 33.007 €/AK, was 15 €/AKh entspricht, an der Spitze, noch vor den extensiven Ackerbauregionen in Baden-Württemberg wie dem Zollernalbkreis, Heidenheim und Tuttlingen, die ca. 25.000 €/AK

erwirtschaften. Danach folgen die extensiven Grünlandgebiete, die noch vor den intensiven Ackerbauregionen liegen. Die schlechteste Arbeitsverwertung weist der Landkreis Schwandorf mit 17.030 € pro Arbeitskraft auf, was einem Deckungsbeitrag von 7,74 €/Akh entspricht. Die folgende Tabelle gibt die Deckungsbeiträge pro Arbeitskraft wieder.

**Tabelle 21: Deckungsbeitrag und Prämien pro Arbeitskraft im Referenzjahr 1995**

| Landkreis                               | Deckungsbeitrag je<br>Arbeitskraft | Prämien je<br>Arbeitskraft | Deckungsbeitrag je<br>Stunde | Anteil Prämien |
|---|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|----------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |                                    |                            |                              |                |
| AN                                      | 25.212 €                           | 6.779 €                    | 11,46 €                      | 26,9%          |
| WUG                                     | 23.923 €                           | 6.817 €                    | 10,87 €                      | 28,5%          |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |                                    |                            |                              |                |
| DEG                                     | 20.248 €                           | 3.736 €                    | 9,20 €                       | 18,5%          |
| DGF                                     | 17.121 €                           | 3.315 €                    | 7,78 €                       | 19,4%          |
| FRG                                     | 20.253 €                           | 6.566 €                    | 9,21 €                       | 32,4%          |
| KEH                                     | 23.547 €                           | 3.781 €                    | 10,70 €                      | 16,1%          |
| LA                                      | 24.634 €                           | 5.232 €                    | 11,20 €                      | 21,2%          |
| PA                                      | 26.259 €                           | 5.114 €                    | 11,94 €                      | 19,5%          |
| PAN                                     | 18.189 €                           | 4.031 €                    | 8,27 €                       | 22,2%          |
| REG                                     | 20.449 €                           | 6.109 €                    | 9,30 €                       | 29,9%          |
| SR                                      | 18.236 €                           | 2.758 €                    | 8,29 €                       | 15,1%          |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |                                    |                            |                              |                |
| AO                                      | 17.859 €                           | 3.624 €                    | 8,12 €                       | 20,3%          |
| BGL                                     | 23.707 €                           | 5.276 €                    | 10,78 €                      | 22,3%          |
| DAH                                     | 26.246 €                           | 6.850 €                    | 11,93 €                      | 26,1%          |
| EBE                                     | 23.456 €                           | 4.665 €                    | 10,66 €                      | 19,9%          |
| ED                                      | 20.898 €                           | 4.381 €                    | 9,50 €                       | 21,0%          |
| EI                                      | 32.486 €                           | 8.385 €                    | 14,77 €                      | 25,8%          |
| FFB                                     | 24.780 €                           | 7.799 €                    | 11,26 €                      | 31,5%          |
| FS                                      | 23.973 €                           | 5.734 €                    | 10,90 €                      | 23,9%          |
| GAP                                     | 24.933 €                           | 10.015 €                   | 11,33 €                      | 40,2%          |
| LL                                      | 22.362 €                           | 4.502 €                    | 10,16 €                      | 20,1%          |
| M                                       | 32.680 €                           | 9.000 €                    | 14,85 €                      | 27,5%          |
| MB                                      | 23.029 €                           | 5.301 €                    | 10,47 €                      | 23,0%          |
| MU                                      | 19.251 €                           | 3.869 €                    | 8,75 €                       | 20,1%          |
| ND                                      | 29.977 €                           | 4.677 €                    | 13,63 €                      | 15,6%          |
| PAF                                     | 23.558 €                           | 3.336 €                    | 10,71 €                      | 14,2%          |
| RO                                      | 22.792 €                           | 3.669 €                    | 10,36 €                      | 16,1%          |
| STA                                     | 25.051 €                           | 6.316 €                    | 11,39 €                      | 25,2%          |
| TIL                                     | 23.142 €                           | 6.162 €                    | 10,52 €                      | 26,6%          |
| TS                                      | 22.569 €                           | 4.130 €                    | 10,26 €                      | 18,3%          |
| WM                                      | 21.391 €                           | 3.752 €                    | 9,72 €                       | 17,5%          |

| Landkreis                                      | Deckungsbeitrag je<br>Arbeitskraft | Prämien je<br>Arbeitskraft | Deckungsbeitrag je<br>Stunde | Anteil der<br>Prämien |
|--|------------------------------------|----------------------------|------------------------------|-----------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |                                    |                            |                              |                       |
| AS   | 27.187 €                           | 8.316 €                    | 12,36 €                      | 30,6%                 |
| CHA  | 21.348 €                           | 6.072 €                    | 9,70 €                       | 28,4%                 |
| NEW  | 26.071 €                           | 7.931 €                    | 11,85 €                      | 30,4%                 |
| NM   | 20.641 €                           | 5.527 €                    | 9,38 €                       | 26,8%                 |
| R  | 17.008 €                           | 3.187 €                    | 7,73 €                       | 18,7%                 |
| SAD  | 16.822 €                           | 4.111 €                    | 7,65 €                       | 24,4%                 |
| TIR  | 25.163 €                           | 7.241 €                    | 11,44 €                      | 28,8%                 |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |                                    |                            |                              |                       |
| A  | 24.293 €                           | 4.667 €                    | 11,04 €                      | 19,2%                 |
| AIC  | 26.856 €                           | 5.556 €                    | 12,21 €                      | 20,7%                 |
| DLG  | 25.590 €                           | 5.877 €                    | 11,63 €                      | 23,0%                 |
| DON  | 26.781 €                           | 5.718 €                    | 12,17 €                      | 21,4%                 |
| GZ   | 23.456 €                           | 4.885 €                    | 10,66 €                      | 20,8%                 |
| MN   | 23.231 €                           | 2.215 €                    | 10,56 €                      | 9,5%                  |
| NU   | 23.617 €                           | 4.987 €                    | 10,74 €                      | 21,1%                 |
| OA   | 26.394 €                           | 5.675 €                    | 12,00 €                      | 21,5%                 |
| OAL  | 24.581 €                           | 2.679 €                    | 11,17 €                      | 10,9%                 |
| Baden-Württemberg - Regierungsbezirk Freiburg  |                                    |                            |                              |                       |
| VS   | 24.083 €                           | 7.501 €                    | 10,95 €                      | 31,1%                 |
| TUT  | 26.505 €                           | 9.897 €                    | 12,05 €                      | 37,3%                 |
| Baden-Württemberg - Regierungsbezirk Stuttgart |                                    |                            |                              |                       |
| AA   | 23.791 €                           | 5.447 €                    | 10,81 €                      | 22,9%                 |
| HDH  | 25.890 €                           | 6.607 €                    | 11,77 €                      | 25,5%                 |
| Baden-Württemberg - Regierungsbezirk Tübingen  |                                    |                            |                              |                       |
| BC   | 22.735 €                           | 4.105 €                    | 10,33 €                      | 18,1%                 |
| BL   | 24.430 €                           | 11.667 €                   | 11,10 €                      | 47,8%                 |
| RT   | 22.517 €                           | 7.010 €                    | 10,24 €                      | 31,1%                 |
| RV   | 23.164 €                           | 2.312 €                    | 10,53 €                      | 10,0%                 |
| SIG  | 23.668 €                           | 6.510 €                    | 10,76 €                      | 27,5%                 |
| UL   | 22.958 €                           | 5.321 €                    | 10,44 €                      | 23,2%                 |
| Durchschnitt                                   | 23.526 €                           | 5.556 €                    | 10,69 €                      | 23,4%                 |
| Minimum  | 16.822 €                           | 2.215 €                    | 7,65 €                       | 9,5%                  |
| Maximum  | 32.680 €                           | 11.667 €                   | 14,85 €                      | 47,8%                 |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

Aus der Tabelle 21 ist ebenso ersichtlich, dass Prämienzahlungen einen entscheidenden Anteil am Einkommen der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte im Untersuchungsgebiet haben. So wird im Durchschnitt jeder landwirtschaftliche Arbeitsplatz mit 5.556 € subventioniert. Die niedrigste Prämienzahlung pro Arbeitsplatz mit 2.215 € wird im Landkreis Unterallgäu ermittelt, während die Prämienzahlung in Höhe von 11.667 € im Zollernalbkreis beinahe fünffach höher ist. Entsprechend schwankt der Anteil der Prämien am Deckungsbeitrag pro Arbeitskraft zwischen 9,5 % und 47,8 %.

Eine positive Korrelation zwischen dem Deckungsbeitrag pro Arbeitskraft und dem Anteil der Prämien pro Arbeitskraft in Höhe von  $R^2=0,54$  lässt sich aus den Ergebnissen ableiten. Das bedeutet, dass vor allem Regionen gefördert werden, die aufgrund ihrer Produktionsstruktur einen niedrigeren Arbeitskraftbedarf haben. So sind in der Regel extensive Ackerbauregionen die größten Prämienempfänger, während Grünlandgebiete mit arbeitsintensiver Milchviehhaltung einen Hauptteil des Einkommens über die Marktleistung ihrer Erzeugnisse erwirtschaften. Unberücksichtigt bleibt dabei die indirekte Förderung über die Stützungspreise für die Interventionsprodukte Butter und Magermilch, die den Erzeugerpreis für Milchprodukte stützen.

### **5.1.2 Ökologische Modellergebnisse**

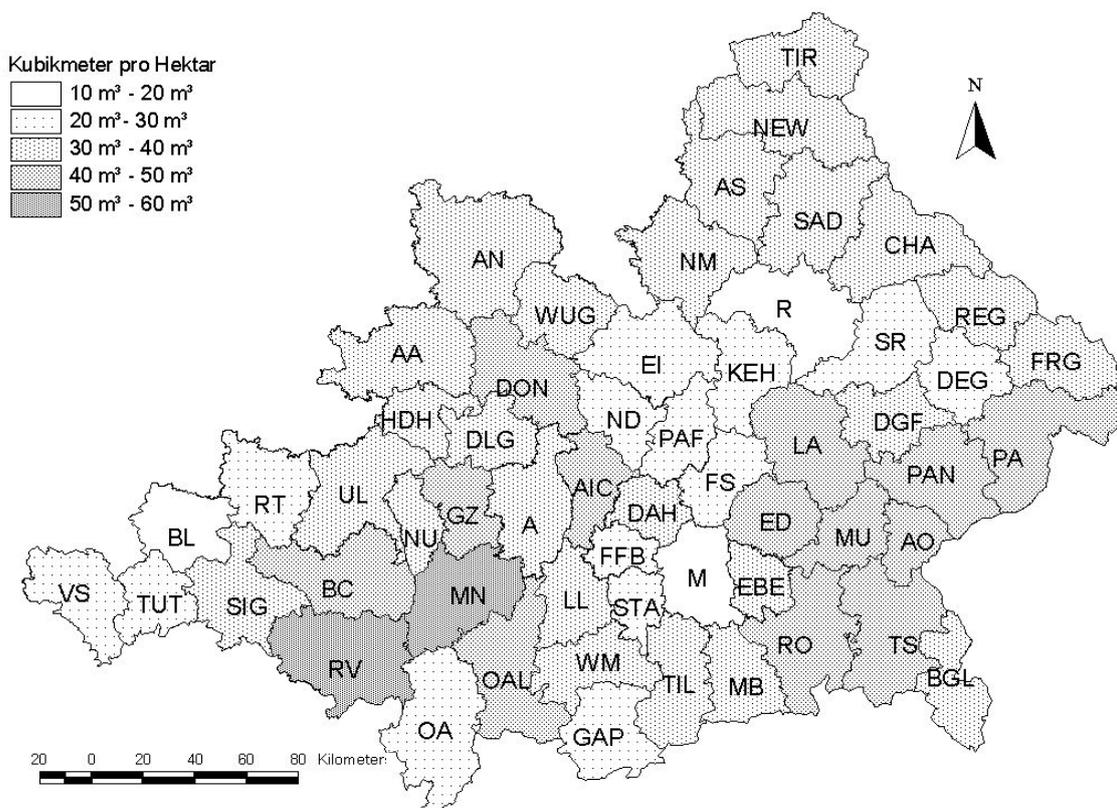
Mit dem Modell werden auch Werte errechnet, aus denen sich ökologische Parameter ableiten lassen. Zu diesen Werten zählt der Wasserverbrauch in der Landwirtschaft und das Gewässergefährdungspotential durch die Landbewirtschaftung. Für das Gewässergefährdungspotential des Grundwassers sind der Anfall von organischem Wirtschaftsdünger sowie die Höhe der Stickstoffdüngung zweckmäßige Indikatoren. Als Indikator für die Gefahr von diffusen Phosphateinträgen in die Gewässer wird der Anteil von erosionsgefährdenden Kulturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche berechnet.

Um den Wasserverbrauch in den einzelnen Regionshöfen miteinander vergleichen zu können, wird der Wasserverbrauch pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche im Modell berechnet. Dabei wird der Wasserbedarf für die Bewässerung nicht berücksichtigt. Die Wassernachfrage aus dem öffentlichen Leitungssystem schwankt zwischen 13 m<sup>3</sup>/ha und 54 m<sup>3</sup>/ha. Die Gründe für den unterschiedlichen Verbrauch sind in der Spezialisierung der

einzelnen Regionen zu finden. So ist der Wasserverbrauch pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche in extensiv wirtschaftenden Regionen mit niedriger Viehdichte am geringsten, während der Wasserverbrauch in Grünlandregionen mit intensiver Viehhaltung am höchsten ist. Besonders in der Milchviehhaltung wird viel Wasser benötigt. Die Karte 8 verdeutlicht den regional unterschiedlichen Wasserverbrauch. Eine ebenfalls große Wassernachfrage ist in den Regionshöfen mit intensiver Bullenmast festzustellen.

Zu den Regionshöfen mit großer Wassernachfrage gehören die ertragsreichen Grünlandstandorte des Allgäus und das Voralpengebiet von Oberbayern. In diesen Gebieten sind Milchviehhaltung und Bullenmast weit verbreitet. In den Alpenregionen ist aufgrund der geringen Ertragsleistung der Grünlandflächen der Viehbesatz deutlich niedriger, was sich auch im geringeren Wasserverbrauch niederschlägt. Den niedrigsten Wasserverbrauch weisen Regionen mit einem hohen Anteil an Ackerfläche auf, wie aus Karte 8 ersichtlich wird.

**Karte 8: Wassernachfrage aus dem öffentlichen Leitungssystem (ohne Bewässerung) im Referenzjahr 1995**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Im Modell wird keine Nährstoffbilanz berechnet. Stattdessen werden nur der kalkulierte Nährstoffbedarf und die Wirtschaftsdüngermenge aus der Tierhaltung an das Disaggregationstool weitergegeben. Der berechnete Stickstoffbedarf der Kulturpflanzen und der Wirtschaftsdüngeranfall werden als Indikatoren für die Gefahr von Auswaschungsverlusten bei Stickstoff verwendet. Denn allgemein lässt sich folgende Regel aufstellen: Die Gewässergefährdung nimmt sowohl bei steigenden Düngergaben als auch bei hohem Wirtschaftsdüngeranfall zu. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über den durchschnittlichen Stickstoffbedarf für den Pflanzenbau und die Höhe der Stickstoffmenge aus Wirtschaftsdüngern. Beide Größen sind in kg/ha angegeben, damit den Stickstoffbedarf und die Stickstofflieferung aus Wirtschaftsdünger eine Aussage über die Gewässergefährdung treffen kann.

**Tabelle 22: Stickstoffbedarf für die Pflanzenproduktion und Anfall von Wirtschaftsdünger im Referenzjahre 1995**

| Landkreis                               | Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger (kg/ha) | Stickstoffbedarf in (kg/ha) | Landkreis                                      | Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger (kg/ha) | Stickstoffbedarf in (kg/ha) |
|---|--|-----------------------------|--|--|-----------------------------|
| Bayern - Regierungsbezirk Mittelfranken |  |                             | Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |  |                             |
| AN                                      | 95   | 124                         | AS   | 81   | 113                         |
| WUG                                     | 82   | 127                         | CHA  | 114  | 119                         |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |  |                             | NEW  | 87   | 117                         |
| DEG                                     | 64   | 138                         | NM   | 82   | 116                         |
| DGF                                     | 64   | 128                         | R  | 57   | 139                         |
| FRG                                     | 98   | 71                          | SAD  | 96   | 118                         |
| KEH                                     | 62   | 121                         | TIR  | 93   | 134                         |
| LA                                      | 94   | 145                         | Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |  |                             |
| PA                                      | 109  | 117                         | A  | 97   | 142                         |
| PAN                                     | 120  | 133                         | AIC  | 101  | 135                         |
| REG                                     | 104  | 89                          | DLG  | 91   | 142                         |
| SR                                      | 61   | 138                         | DON  | 82   | 138                         |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |  |                             | GZ   | 113  | 145                         |
| AO                                      | 121  | 130                         | MN   | 154  | 144                         |
| BGL                                     | 113  | 92                          | NU   | 104  | 146                         |
| DAH                                     | 77   | 137                         | OA   | 88   | 81                          |
| EBE                                     | 110  | 122                         | OAL  | 134  | 121                         |
| ED                                      | 118  | 135                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |  |                             |
| EI                                      | 48   | 132                         | VS   | 67   | 87                          |
| FFB                                     | 66   | 128                         | TUT  | 49   | 71                          |
| FS                                      | 66   | 119                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |  |                             |
| GAP                                     | 65   | 50                          | AA   | 90   | 106                         |
| LL                                      | 101  | 125                         | HDH  | 69   | 107                         |
| M                                       | 28   | 107                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |  |                             |
| MB                                      | 96   | 67                          | BC   | 101  | 132                         |
| MU                                      | 132  | 127                         | BL   | 33   | 55                          |
| ND                                      | 67   | 128                         | RT   | 69   | 90                          |
| PAF                                     | 60   | 112                         | RV   | 135  | 136                         |
| RO                                      | 134  | 104                         | SIG  | 69   | 100                         |
| STA                                     | 70   | 95                          | UL   | 72   | 108                         |
| TIL                                     | 91   | 79                          |  |  |                             |
| TS                                      | 124  | 114                         |  |  |                             |
| WM                                      | 114  | 100                         |  |  |                             |

Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Den niedrigsten Stickstoffbedarf hat die Landwirtschaft aufgrund der mäßigen Ertragserwartungen an Standorten mit schlechten agronomischen Eigenschaften. So können die Alpen, das Alpenvorland sowie das Ostbayerische Mittelgebirge mit einem kalkulierten Stickstoffdüngerbedarf von unter 100 kg/ha den extensiv wirtschaftenden Gebieten des Untersuchungsgebietes zugeordnet werden. Aufgrund des mäßigen Stickstoffeinsatzes und der hohen Niederschläge in diesen Gebieten ist kaum eine Gewässergefährdung zu erwarten. In den extensiven Ackerbaustandorten im Nordbayerischen Hügelland und im Jura wird ein durchschnittlicher Stickstoffbedarf zwischen 110 kg/ha bis 130 kg/ha berechnet. Den höchsten Stickstoffbedarf mit über 130 kg/ha hat die Landwirtschaft im fruchtbaren Tertiär-Hügelland. An diesen Standorten ist aufgrund der Höhe der Stickstoffdüngung eine Gewässergefährdung nicht auszuschließen.

Der organische Stickstoffanfall wird durch die Tierart und die Besatzdichte bestimmt. In den Regionshöfen mit einem hohen Anteil der Ackerfläche an der landwirtschaftlichen Nutzfläche kann der Stickstoffbedarf nicht allein durch Wirtschaftsdünger gedeckt werden, wohingegen in Gebieten mit überwiegender Grünlandnutzung der Stickstoffbedarf weitestgehend mit Wirtschaftsdünger gedeckt werden kann. In einigen Regionshöfen fällt mehr Stickstoff aus Wirtschaftsdünger an, als für die Düngung benötigt wird. Vor allem in Landkreisen mit einem hohen Anteil an absolutem Grünland lassen sich geringe Stickstoffüberschüsse ermitteln. Aufgrund des niedrigen Düngungsniveaus und der hohen Niederschläge ist mit einer geringen Gewässerbelastung in den Grünlandgebieten des Alpenvorlandes zu rechnen. In den günstigen Ackerbaugebieten mit unbedeutender Tierhaltung wird mehr als zwei Drittel des Stickstoffbedarfs mit mineralischem Stickstoffdünger gedeckt.

Ein Faktor, der entscheidend für den Phosphateintrag in die Gewässer ist, ist der Anteil erosionsanfälliger Reihenkulturen an der landwirtschaftlichen Nutzfläche. Zu den erosionsanfälligen Reihenkulturen werden Mais, Kartoffeln, Zuckerrüben und Gemüse gerechnet. Im Untersuchungsgebiet werden über 481.000 ha, was in etwa 15 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche entspricht, mit erosionsanfälligen Kulturen bestellt. Auch hier sind wieder regionale Schwerpunkte zu erkennen: Während in einigen Landkreisen der Anbau nicht oder in einem sehr geringen Umfang betrieben wird, sind in einigen Landkreisen über ein Drittel der landwirtschaftlichen Nutzfläche mit erosionsanfälligen

Kulturen belegt. Besonders in den klimatisch günstigen Regionen sind erosionsanfällige Reihenkulturen häufiger anzutreffen.

## 5.2 Überprüfung des gewählten PQP-Ansatzes

Wie bereits in Kapitel drei festgestellt, hat die Wahl des PQP-Ansatzes (ertrags- bzw. kostenseitiger Ansatz) Einfluss auf die Modellergebnisse bei den Szenarienberechnungen. Vor der Verwendung des Modells für Szenarienberechnungen findet daher eine Überprüfung des gewählten Ansatzes statt. Die Überprüfung beinhaltet sowohl die Reaktionseigenschaften bei der Modifikation einzelner Parameter als auch eine Ex-Post-Analyse. Die Ex-Post-Analyse soll des weiteren dazu dienen, die beiden Howitt-Ansätze hinsichtlich ihrer Prognoseeigenschaften zu bewerten. Das Modell ist aus diesem Grund so aufgebaut, dass sowohl eine kostenseitige als auch eine ertragsseitige Kalibrierung für die Szenarien durchgeführt werden kann. Die Sensitivitätsanalyse wird ohne Fortschreibung der exogenen Variablen durchgeführt, damit die Reaktionen des Modells einfacher nachzuvollziehen sind.

### 5.2.1 Ex-Post-Analyse

#### 5.2.1.1 Modifizierte Annahmen

Eine Ex-Post-Prognose für das Referenzjahr muss nicht durchgeführt werden, da die nichtlinearen Funktionen so kalibriert wurden, dass die Modellergebnisse mit den beobachteten Ergebnissen übereinstimmen. Unterschiede zwischen den Modellergebnissen und der Referenzsituation wären auf eine fehlerhafte Kalibrierung der Funktionskoeffizienten zurückzuführen. Aus diesem Grund wird das Jahr 1999 für die Ex-Post-Prognose ausgewählt. Für die Ex-Post-Prognose werden entsprechende Preise und Prämien erhoben. Ebenfalls berücksichtigt ist die Prämienanhebung im MEKA-Programm für das Grünland in Baden-Württemberg. In Abhängigkeit der Nutzungsintensität und Nutzungsart sind folgende Fördersätze im Modell integriert:

- Prämien in Höhe von 100 € für/ha Grünland mit zwei Nutzungen und Hutungen
- Prämien in Höhe von 95 €/ha für Grünland mit drei Nutzungen, Wiesen und Weiden

Ein weiterer Aspekt, der zu berücksichtigen ist, sind die veränderten Flächenausgleichszahlungen für Kulturen, die der Marktordnung für Getreide, Ölsaaten oder Körnerleguminosen zuzuordnen sind. Die Anhebung der Flächenprämie und die Senkung des Interventionspreises bewirkten bei diesen Produkten eine Erzeugerpreissenkung. Die Tabelle 23 gibt die Erzeugerpreise und Prämien dieser Kulturen wieder:

**Tabelle 23: Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Jahr 1999**

|                    | Erzeugerpreise | Preisausgleichszahlung |          |
|--------------------|----------------|------------------------|----------|
|                    |                | Baden-Württemberg      | Bayern   |
| Flächenstilllegung | -              | 356 €/ha               | 377 €/ha |
| Hafer              | 9,50 €/dt      | 273 €/ha               | 294 €/ha |
| Körnerleguminosen  | 11,30 €/dt     | 394 €/ha               | 424 €/ha |
| Körnermais         | 10,80 €/dt     | 387 €/ha               | 400 €/ha |
| Sommergerste       | 13,00 €/dt     | 273 €/ha               | 294 €/ha |
| Sommerweizen       | 10,80 €/dt     | 273 €/ha               | 294 €/ha |
| Wintergerste       | 9,50 €/dt      | 273 €/ha               | 294 €/ha |
| Winterraps         | 21,70 €/dt     | 528 €/ha               | 569 €/ha |
| Winterroggen       | 10,00 €/dt     | 273 €/ha               | 294 €/ha |
| Winterweizen       | 10,80 €/dt     | 273 €/ha               | 294 €/ha |

Quelle: KTBL (1999), Riester et al. (1999) und Landwirtschaftsberatung Mittelfranken (2000), Stark et al. (2001), Klotz et al. (2001) und eigene Berechnungen

### 5.2.1.2 Methodik zur Beurteilung der Prognosegüte

Die Ex-Post-Analyse dient zur Bewertung der Vorhersagegenauigkeit eines Modells. Zur Abschätzung des Prognosefehlers können verschiedene quantitative Bewertungsmaßstäbe verwendet werden. Für die Untersuchung der Prognoseeigenschaften des Modells werden ausgehend vom prozentualen Prognosefehler geeignete quantitative Bewertungsmaßstäbe für die Vorhersagegenauigkeit entwickelt. Die Ausgangsbasis bildet der prozentuale Prognosefehler. Der prozentuale Prognosefehler berechnet sich nach der folgenden Methode:

$$pPf = \frac{e_t}{x_t} * 100$$

$pPf$  : prozentuale Prognosefehler

$t$  : Zeitpunkt  $t$

$e_t$  : Abweichung zwischen Prognosewert und tatsächlichem Wert im Zeitpunkt  $t$

$x_t$  : tatsächlicher Wert im Zeitpunkt  $t$

Der prozentuale Prognosefehler zeigt prozentuale Abweichungen an. Mit diesem Fehler werden die relativen Abweichungen des Anbauumfanges für das gesamte Untersuchungsgebiet dargestellt.

Zur quantitativen Beurteilung der Prognosegenauigkeit auf Landkreis- bzw. Regionsebene wird eine modifizierte Form des mittleren absoluten prozentualen Prognosefehlers herangezogen. Nach HENZE (1994) wird der mittlere absolute prozentuale Prognosefehler (*MapPf*) mit folgender Formel berechnet:

$$MapPf = \frac{1}{r} \sum_{t=n+1}^{n+r} \left| \frac{e_t}{x_t} \right| * 100$$

*MapPf* : mittlerer absolute prozentuale Prognosefehler

$n$  : Ende des Stützbereichs

$r$  : Anzahl der Prognosen

Es handelt sich dabei um eine Modifikation des prozentualen Prognosefehlers. Der mittlere absolute prozentuale Fehler gewichtet dabei positive und negative Abweichungen gleich. Mit dem mittleren absoluten prozentualen Fehler lässt sich daher die durchschnittliche Abweichung der Kulturen aufzeigen, unabhängig von der regionalen Bedeutung der Kultur. Da aber aufgrund der Aufgabenstellung eine Bewertung des Modells hinsichtlich der Vorhersagegenauigkeit der Landnutzung vorzunehmen ist, scheint diese Berechnung ungeeignet zu sein.

Für die Bewertung der Vorhersagegenauigkeit der Landnutzung wird daher dieser Mittelwert modifiziert. Der prozentuale Fehler wird mit der Anbauumfang der Kultur in einer Region gewichtet. Dieses Fehlermaß wird in den folgenden Ausführungen als geometrisch gewichteter absoluter Prognosefehler bezeichnet.

$$GgapPf = \frac{x_t}{\sum_1^t x_t} * \left| \frac{e_t}{x_t} \right| * 100$$

*GgapPf* : geometrisch gewichteter absoluter prozentualer Prognosefehler

Dieser Fehler gibt den jeweiligen Prognosefehler in Abhängigkeit von der regionalen Bedeutung der Kultur wieder. So wird bei einem geringen Anbauumfang einer Kultur der Fehler niedriger gewichtet, während der Prognosefehler einer Leitkultur eine größere Gewichtung erfährt. Die Berechnung nach dieser Methode scheint aus mehreren Gründen zweckmäßiger zu sein. So treten statistische Erhebungsdifferenzen auf, wie z.B. die Differenzen beim Anbauumfang landwirtschaftlicher Kulturen zwischen der Gemeinde- und Kreisstatistik in der Bodennutzungshaupterhebung innerhalb eines Jahres. Ein weiteres Argument für die modifizierte Berechnung liegt bei Kulturen begründet, die in manchen Jahren aufgrund der statistischen Geheimhaltung nicht ausgegeben werden dürfen. Fehler, die auf den Veröffentlichungsvorschriften für Statistiken beruhen, werden mit dieser Berechnung abgeschwächt und fließen daher nur in geringen Maß in die Bewertung der Ex-Post-Prognose ein.

Mit der vorgestellten Methode wird also der gewichtete Fehler je Kultur angegeben. Die Summe aus den gewichteten Fehlern der einzelnen Kulturen ergibt den geometrischen absoluten prozentualen Prognosefehler der Landnutzung auf Landkreisebene an. Die Berechnung des Prognosefehlers auf Landkreisebene wird mit der folgenden Formel durchgeführt:

$$GapPf = \sum_t \left[ \frac{x_t}{\sum_1^t x_t} * \left| \frac{e_t}{x_t} \right| * 100 \right]$$

*GapPf* : Geometrischer absoluter prozentualer Prognosefehler

Mit dem Fehlermaß des Geometrischen absoluten prozentualen Prognosefehlers findet die quantitative Beurteilung der Prognosegenauigkeit auf Ebene der Landkreise statt. In der Literatur ist über die Bewertung des Prognosefehlers in der vorgestellten Methode nichts aufgeführt. Da er aber durchaus mit dem MapPF vergleichbar ist, werden hier Empfeh-

lungen von HAZELL UND NORTEN (1986) für die Bewertung der Genauigkeit der Prognosequalität übertragen. Sie leiten aus ihren Modellierungserfahrungen folgende Erkenntnisse ab: Ein MapPF unter 5 % wird als sehr gut eingestuft. Abweichungen bis 10 % werden als gut bezeichnet, während Modelle mit einem MapPF von über 15 % als verbesserungswürdig eingestuft werden.

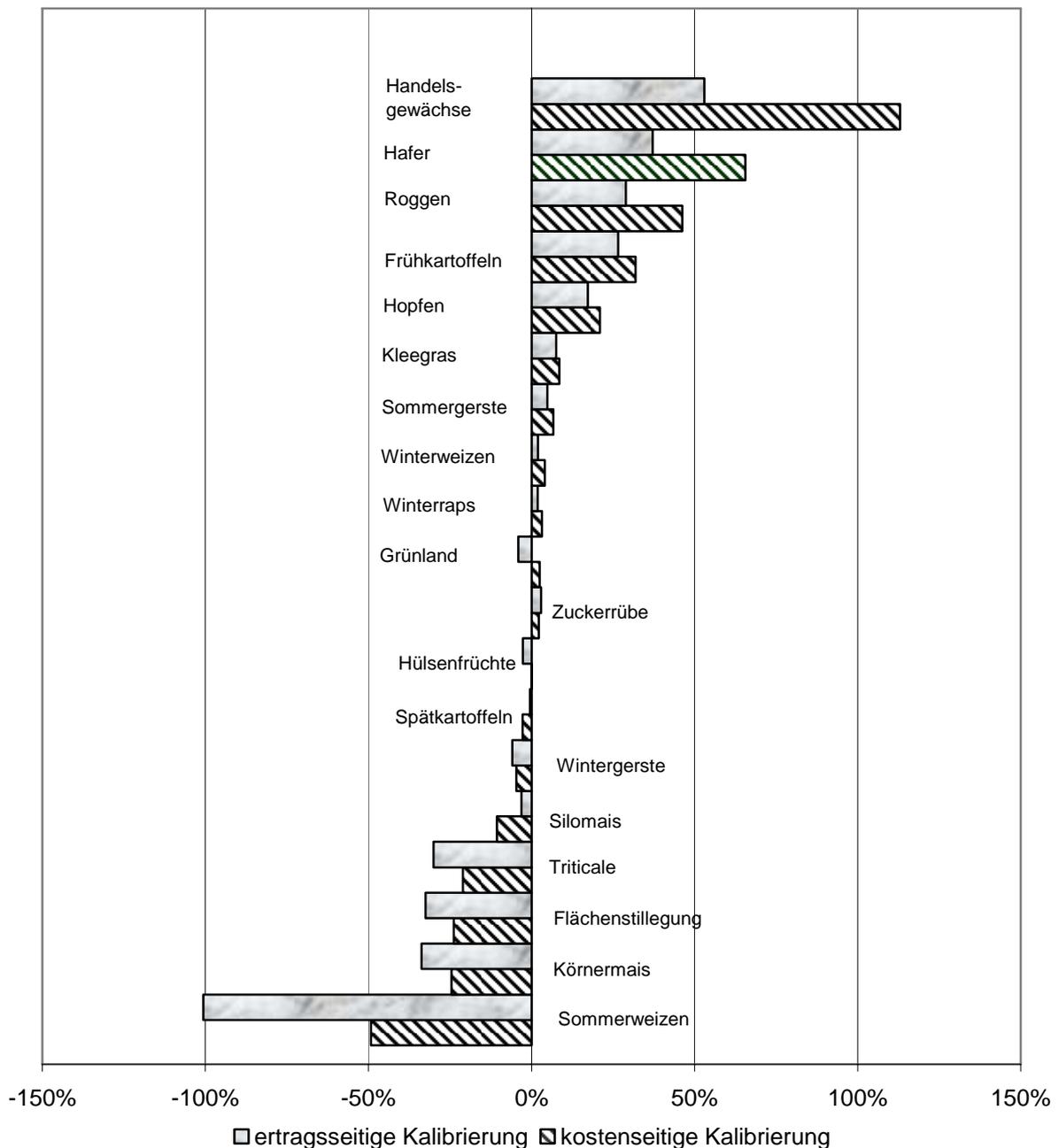
### *5.2.1.3 Vergleich der Prognosequalität der beiden Howitt-Ansätze*

Im Folgenden wird sowohl für den ertragsseitigen als auch für den kostenseitigen Ansatz eine Ex-Post-Analyse durchgeführt. Auf Grundlage der Ex-Post-Analyse wird für die nachfolgenden Szenarien der bessere Ansatz bzw. eine geeignete Kombination aus beiden Ansätzen ausgewählt. Der Umfang der Tierproduktion ist kurz- und mittelfristig als relativ stabil anzusehen, daher treten weder in der Statistik noch in den Modellergebnissen größere Änderungen auf. Aus diesem Grund wird eine Ex-Post-Analyse nur für die Landnutzung durchgeführt, da hier im Zeitablauf größere Variationen auftreten.

Die erste Bewertung der Prognosequalität der beiden Ansätze beschäftigt sich mit der Differenz zwischen dem prognostizierten Wert für das Jahr 1999 und dem beobachteten Anbauumfang im Jahr 1999. Hierfür wird der prozentuale Prognosefehler (pPf) berechnet, um die Differenz zwischen Modellergebnis und tatsächlichem Anbauumfang der Gesamtregion zu erfassen. Dabei lässt sich feststellen, dass der Kalibrierungsansatz einen Einfluss auf die Höhe, nicht aber auf das Vorzeichen des prozentualen Prognosefehlers hat. Das bedeutet, dass die Anbauveränderungen in beiden Ansätzen die gleiche Tendenz aufweisen. Die beiden Ansätze überschätzen oder unterschätzen jeweils den Anbauumfang einer Kultur in der Ex-Post-Prognose. Dies wird für fast alle Kulturen eingehalten außer für das Grünland. Hier sind beim ertragsseitigen Ansatz mehr Flächen als nach der Statistik 1999 bewirtschaftet, während beim kostenseitigen Ansatz mehr Flächen aus der Produktion gefallen sind. Bei einer Analyse der Beträge des prozentualen Prognosefehlers treten zwischen den einzelnen Kulturen deutliche Unterschiede in der Vorhersagegenauigkeit auf. Während für viele Kulturen nur geringe prozentuale Prognosefehler berechnet werden, ist der Fehler bei wenigen Kulturen relativ hoch. Kulturen mit einer hohen Abweichung sind die Handelsgewächse, der Sommerweizen, der Hafer und der Roggen. Diese Kulturen sind im Untersuchungsgebiet unbedeutend, da der Anbauumfang sehr gering ist. Tendenziell lässt sich aus den Ergebnissen folgende Erkenntnis ableiten: Für

Kulturen mit einem hohen Anbauumfang werden mit der Methode der Positiven Quadratischen Programmierung niedrige prozentuale Prognosefehler berechnet, während für Kulturen mit einem niedrigen Anbauumfang die prozentualen Prognosefehler überdurchschnittlich hoch sind.

**Abbildung 10: Prozentualer Prognosefehler (pPf) der Kulturen des Projektgebietes**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen (2003)

Für das Gesamtgebiet ist ein geometrisch absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) von 7,68 % für den kostenseitigen Ansatz ermittelt worden. Beim ertragsseitigen Ansatz ist ein Fehler von 8,26 % festgestellt worden. Beim ertragsseitigen Ansatz ist der Fehler also um 0,58 % höher. Für das Gesamtgebiet ist damit die Prognosequalität des Modells für beide Ansätze als gut einzustufen.

Die Prognoseeigenschaften der beiden Ansätze werden einer weiteren Analyse unterzogen, bei der die geometrisch absoluten prozentualen Prognosefehler (GapPf) in den einzelnen Landkreisen miteinander verglichen werden. Der GapPf in den einzelnen Landkreisen beträgt beim kostenseitigen Ansatz im Durchschnitt 12,6 %. Die GapPf schwanken zwischen 3,55 % und 24,5 %. Nur in einem Landkreis überschreitet der GapPf 20 %, in weiteren neun Landkreisen liegt er über 15 %. Damit ist in zehn Landkreisen die Prognosequalität verbesserungswürdig.

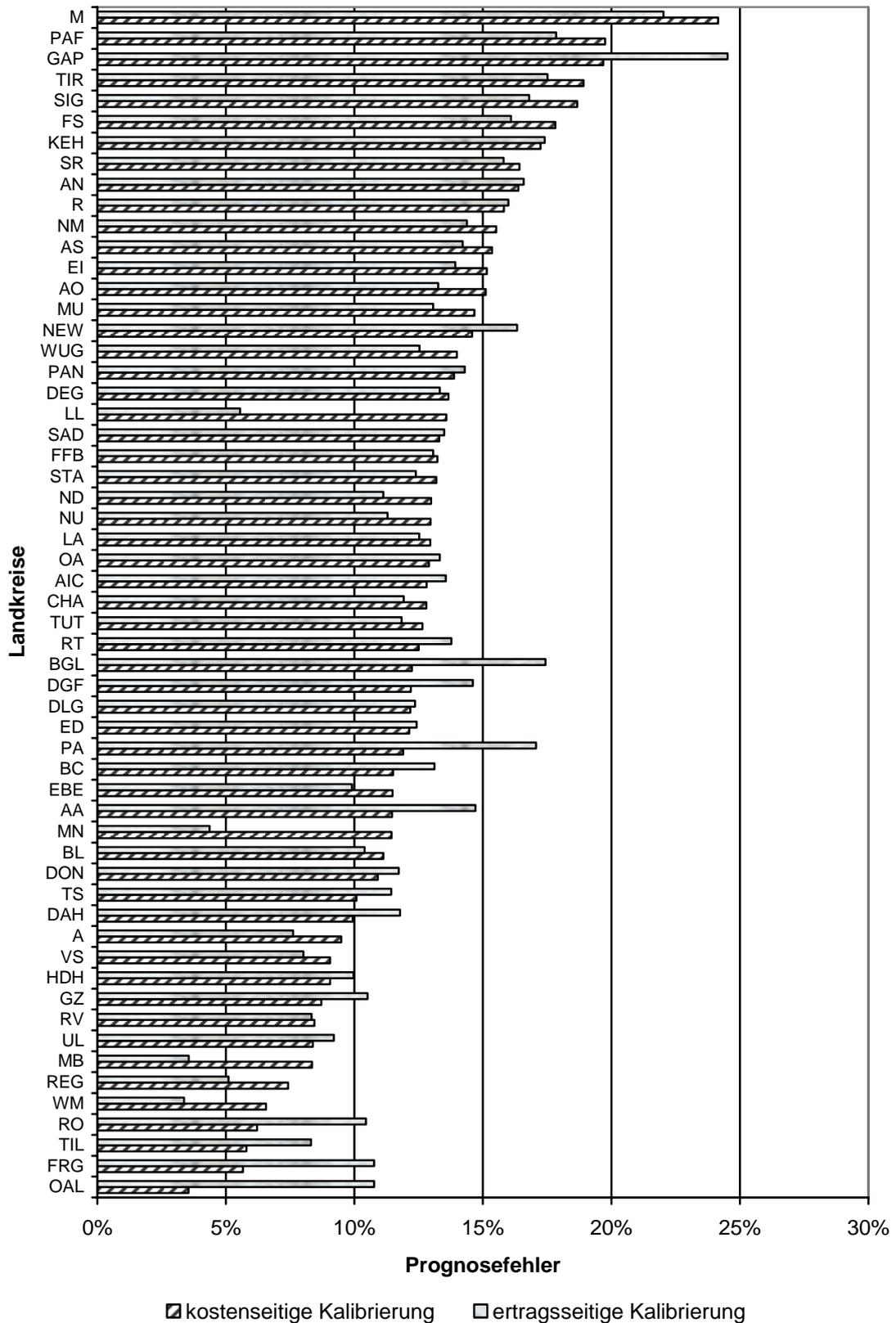
Beim ertragsseitigen Ansatz ist der Durchschnitt aus dem GapPf auf Landkreisebene mit 12,58 % nahezu identisch mit dem kostenseitigen Fehler. Die berechneten GapPf der Landkreise variieren sehr stark. Die beste Prognose mit einem GapPf von 3,37 % wird für den Landkreis Weilheim berechnet, die schlechteste im Landkreis Garmisch-Partenkirchen mit über 24 %. Bei der Ex-Post-Analyse des ertragsseitigen Ansatzes läßt sich ein GapPf von über 20 % in zwei Landkreisen feststellen, während in weiteren elf Landkreisen der GapPf zwischen 15 % und 20 % liegt.

Zwischen den beiden Ansätzen zeigen sich auch deutliche Unterschiede hinsichtlich der GapPf der Landkreise. So liefert der kostenseitige Ansatz für 27 Landkreise bessere Werte als der ertragsseitige Ansatz. Die ertragsseitige Kalibrierung weist für die restlichen 30 Landkreise bessere Werte auf. Die ertragsseitige Kalibrierung liefert für das Untersuchungsgebiet auf Landkreisebene eine bessere Prognose als die kostenseitige Kalibrierung.

Die Differenzen des GapPf zwischen beiden Ansätzen sind für viele Landkreise gering. So beträgt der maximale Unterschied 8 %, wobei in sechs Landkreisen die Unterschiede über 6 % betragen. Differenzen zwischen 1 % und 5 % treten in 30 Landkreisen auf, wobei in 9 Landkreisen ein Abstand von 2 % überschritten wird. In den restlichen 21 Landkreisen

treten Differenzen von unter 1 % auf. Die folgende Abbildung gibt einen Überblick über die GapPf beider Kalibrierungsansätze in den einzelnen Landkreisen.

**Abbildung 11: Geometrischer absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) für die Landnutzung in den einzelnen Landkreisen**



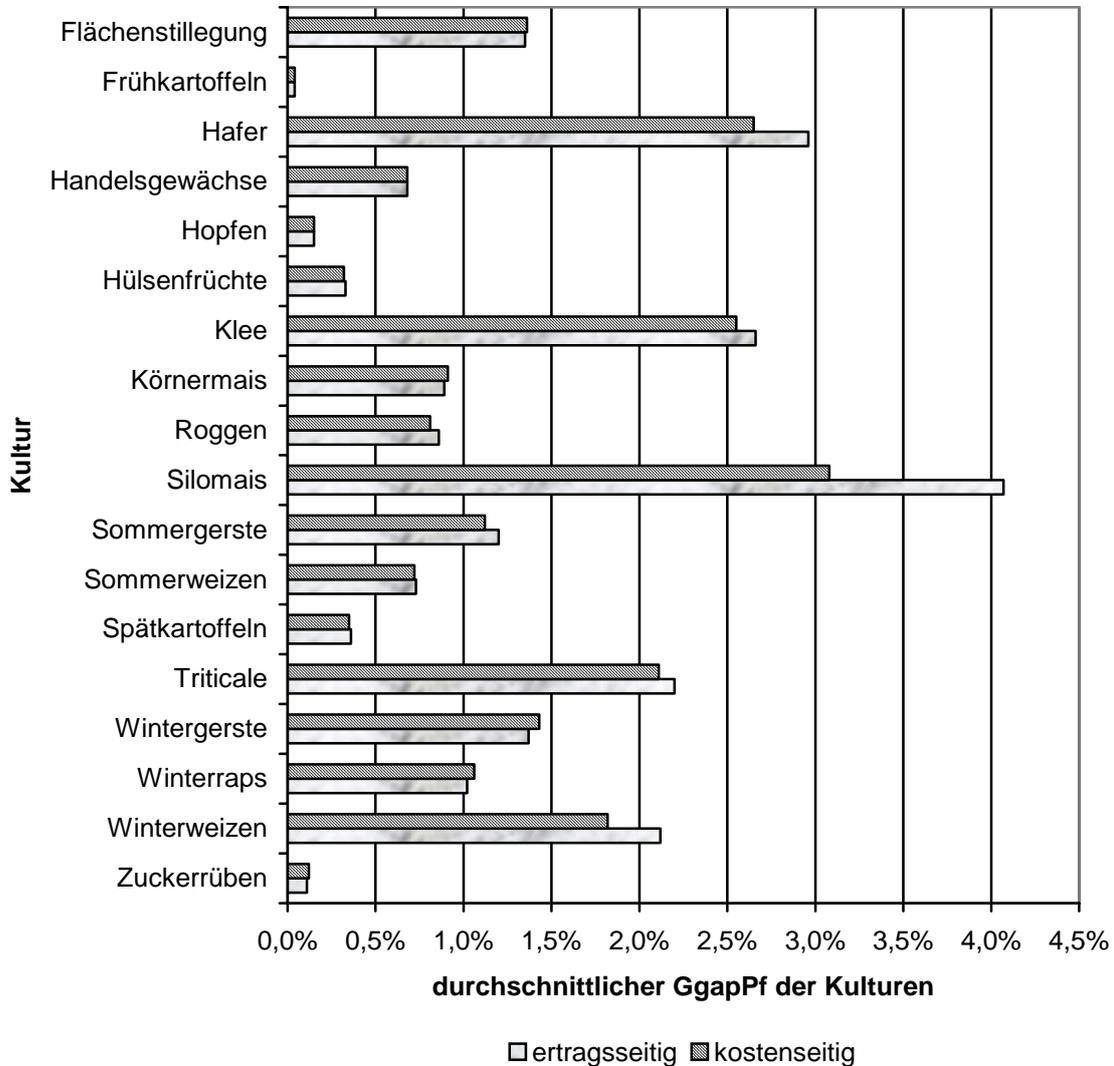
Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

In einer weiteren Analyse werden die GapPf für die Landkreise nur unter Einbeziehung der Ackerkulturen berechnet, das Grünland bleibt unberücksichtigt. Der durchschnittliche GapPf auf Landkreisebene steigt deutlich an, so beträgt er beim kostenseitigen Ansatz 16,66 % und beim ertragsseitigen Ansatz 17,6 %. Die Überlegenheit des kostenseitigen Ansatzes zeigt sich nicht nur beim durchschnittlichen GapPf über alle Landkreise, sondern auch an der Anzahl von Landkreisen, bei denen der kostenseitige Ansatz bessere Prognosewerte liefert. So liefert der ertragsseitige Ansatz nur noch für 12 von 50 Landkreisen bessere Ergebnisse. Aber auch hier sind die Differenzen der GapPf zwischen den beiden Ansätzen in den einzelnen Landkreisen wieder sehr gering. Die Ex-Post-Prognosegüte auf Landkreisebene für Ackerkulturen ist bei beiden Ansätzen nach den Empfehlungen von HAZELL ET AL. (1986) als kritisch einzustufen.

Eine weitere Auswertung befasst sich mit dem geometrisch gewichteten absoluten Prognosefehler (GgapPf) der Kulturen in den einzelnen Landkreisen. Hierfür wird der Durchschnitt aus dem GgapPf der Kulturen aus allen Landkreisen gebildet. Der Prognosefehler ist in der relativ weitverbreiteten Kulturart Winterweizen deutlich kleiner als beim Haferanbau. Bei einigen Kulturen ist der GgapPf aufgrund des niedrigen Anteils an der landwirtschaftlichen Nutzfläche der jeweiligen Kultur sehr gering. Dennoch lassen sich vom Anbauumfang der jeweiligen Kultur keine Rückschlüsse auf den GgapPf der Kultur ziehen. Das bedeutet, dass beide Ansätze für das Gesamtgebiet bei einigen Kulturen sehr gute Ergebnisse liefern, während bei anderen Kulturen die Ergebnisse schlechter sind.

Des Weiteren sind Unterschiede zwischen beiden Ansätzen zu erkennen. Bei Kulturen mit einem erheblichen Anbauumfang sind die GgapPf beim ertragsseitigen Ansatz größer. So ist die Vorhersagegenauigkeit für den Silomais- und Winterweizenanbau beim ertragsseitigen Ansatz deutlich schlechter. Hingegen liefert die Prognose des ertragsseitigen Ansatzes bei einigen Kulturen wie z.B. Wintergerste, Winterraps oder Klee bessere Ergebnisse. In der folgenden Abbildung ist der durchschnittliche GgapPf der in die Ex-Post-Prognose einbezogenen Kulturen aufgelistet. Das Grünland wurde bei der Berechnung des GgapPf nicht miteinbezogen.

**Abbildung 12: Durchschnittlicher geometrisch gewichteter absoluter prozentualer Prognosefehler (GgapPf) der Kulturen**



Quelle: eigene Darstellung und Berechnungen (2003)

Die geringsten Abweichungen treten bei Kulturen auf, bei denen eine Anbaubegrenzung formuliert ist. Hierzu zählen Zuckerrüben, Hopfen, Früh- und Spätkartoffeln. Größere Abweichungen sind bei den Getreidearten zu verzeichnen; die größten Differenzen treten bei der Prognose des Silomaises beim ertragsseitigen Ansatz auf. Diese Differenz kann auf die nichtlineare Formulierung der Futterbilanz, die nur beim ertragsseitigen Ansatz vorgenommen wird, zurückgeführt werden.

Ein weiterer Unterschied besteht nach den Angaben von RÖHM (2001) beim Gesamtdeckungsbeitrag des Modellergebnisses. Daher werden die Deckungsbeiträge der beiden

Ansätze miteinander verglichen. Die Summe der Gesamtdeckungsbeiträge aller Regionshöfe des kostenseitigen Ansatzes übersteigen die Gesamtdeckungsbeiträge des ertragsseitigen Ansatzes um 0,3 %. In 25 Regionshöfen weist der ertragsseitige Ansatz einen höheren Deckungsbeitrag als der kostenseitige Ansatz auf. Die maximale Abweichung zwischen beiden Ansätzen ist in den einzelnen Regionshöfen geringer als ein Prozent.

#### *5.2.1.4 Bewertung der Prognoseergebnisse und Schlussfolgerungen für die Kalibrierungsmethode*

In der quantitativen Bewertung der Prognoseeigenschaften treten keine großen Unterschiede zwischen den beiden Howitt-Ansätzen auf. Ebenfalls kann keine Systematik festgestellt werden, wie mit einer Verbindung der beiden Ansätze ein verbessertes Prognoseergebnis erzielt werden kann. Es wird daher untersucht, ob ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den GapPf beider Kalibrierungsmethoden auf Landkreisebene überhaupt nachgewiesen werden kann. Die Nullhypothese der einfaktoriellen Varianzanalyse lautet, dass die Ergebnisse vergleichbar sind, während die Alternativhypothese keine Identität der Ergebnisse unterstellt. Diese Analyse wird sowohl für den Prognosefehler der Gesamtfläche, als auch nur für die Ackerfläche durchgeführt. Bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von  $\alpha = 0,05$  wird die Nullhypothese nicht abgelehnt (Prüfgröße: 0,0004 Tabellenwert: 3,9358). Ein unterschiedliches Ergebnis der beiden Kalibrierungsmethoden ist statistisch mit dieser Untersuchung nicht zu belegen.

Die Prognosefehler für die Grünlandnutzung beider Ansätze weichen sehr stark voneinander ab. Als eine Möglichkeit wird daher zunächst eine Formulierung des Grünlandes mit dem ertragsseitigen Ansatz angedacht, während alle anderen Kulturen mit dem kostenseitigen Ansatz kalibriert werden sollen. Als letzte Maßnahme wird daher geprüft, ob die unterschiedlichen Prognosefehler für Grünland statistisch nachweisbar sind. Hierfür wird ebenso eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt. Die Nullhypothese, die von keinem statistischen Unterschied ausgeht, wird ebenfalls bestätigt. Die Prüfgröße von 2,7956 liegt zwar deutlich näher am Tabellenwert mit 3,9258, dennoch kann die Nullhypothese nicht verworfen werden.

Eine weitere Auswertung befasst sich mit den ermittelten Deckungsbeiträgen in den Regionshöfen. Es werden die in der Ex-Post-Prognose ermittelten Deckungsbeiträge der beiden Ansätze miteinander verglichen. Zunächst werden die relativen Deckungsbeiträge ermittelt, wobei die berechneten Deckungsbeiträge im Referenzjahr die Bezugsbasis bilden. Mit einer Varianzanalyse wird untersucht, ob die Kalibrierungsmethode einen Einfluss auf die Höhe des Gesamtdeckungsbeitrags besitzt. Als Prüfgröße wird der Wert 0,07 ermittelt. Bei einem Tabellenwert von 3,9258 wird hier ebenfalls die Nullhypothese nicht abgelehnt. Das bedeutet, dass die Kalibrierungsmethode in der Ex-Post-Prognose keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe des Gesamtdeckungsbeitrages in den Regionshöfen hat.

Als Fazit des Vergleichs der beiden Kalibrierungsverfahren kann daher festgehalten werden, dass der kostenseitige Ansatz bei der Ex-Post-Analyse einen niedrigeren Fehler ausweist, sofern nur die Ackerfläche einer Analyse unterzogen wird. Da aber die Unterschiede hinsichtlich der Prognosegüte beider Ansätze für die Landkreise statistisch nicht belegt werden können, kann die Vorteilhaftigkeit einer Kalibrierungsmethode nicht festgestellt werden. Aus diesen Gründen ist es nicht möglich, eine plausible Kombination aus beiden Ansätzen abzuleiten. Für die folgenden Szenarien und Analysen werden die Berechnungen mit dem kostenseitigen Ansatz durchgeführt.

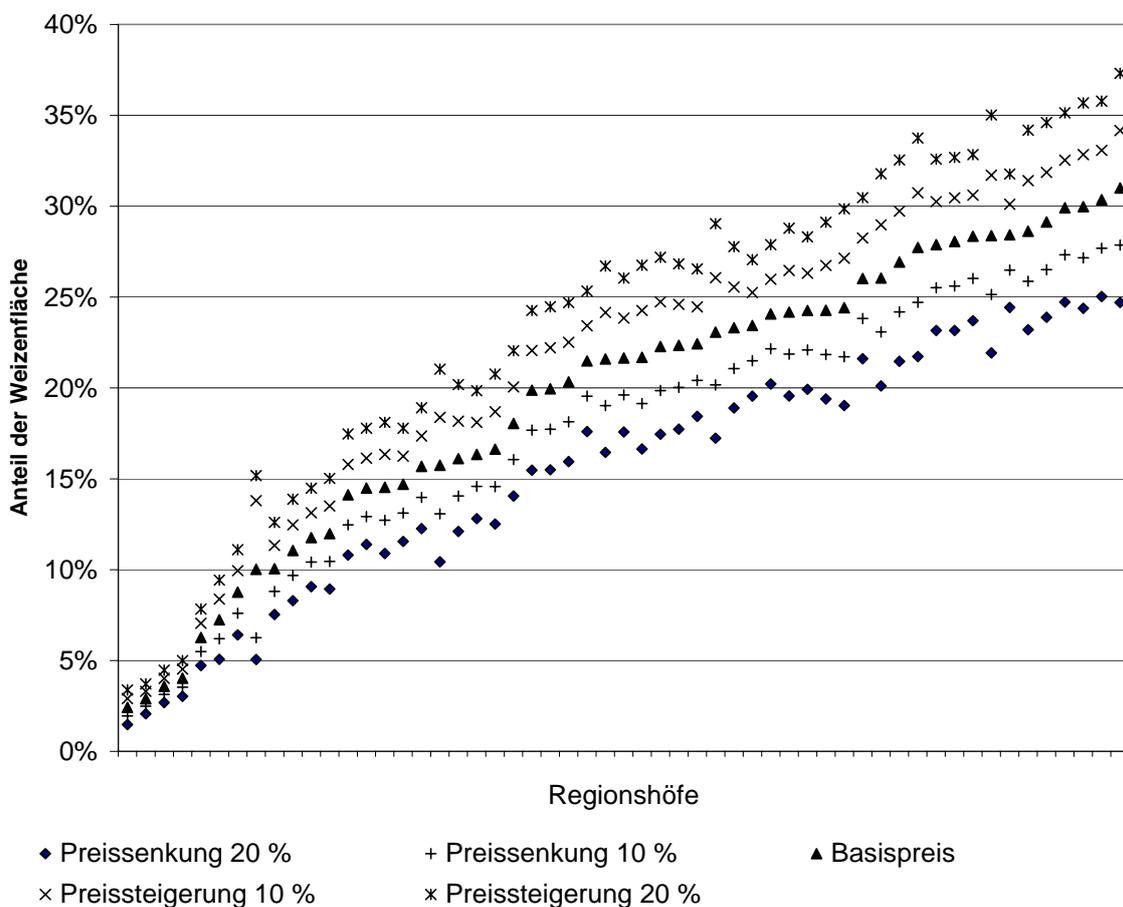
### **5.2.2 Sensitivitätsanalyse**

In der Sensitivitätsanalyse wird die Reaktionseigenschaft des Modells bei einer Variation eines Parameters untersucht. Alle anderen Parameter bleiben unverändert. Für die erste Sensitivitätsanalyse wird der Weizenpreis verändert. Eine weitere Variation wird mit dem Wasserpreis und der für die Landwirtschaft verfügbaren Wassermenge durchgeführt. Eine Variation des Weizenpreises wird deswegen durchgeführt, weil der Weizen in vielen Regionen die bedeutendste Getreideart darstellt. Die Sensitivitätsanalyse im Bereich der Wasserversorgung wird ausgewählt, weil das Modell im Modellverbund Glowa-Danubia für diese Art von Szenarien eingesetzt werden soll. Diese Analyse geht von einer Veränderung des Wasserpreises aus. Des Weiteren wird die Reaktionseigenschaft des Modells bei einer Verknappung des Wasserangebotes aus öffentlichen Leitungen untersucht.

### 5.2.2.1 Variation des Weizenpreises

Der Weizen stellt die bedeutendste Kultur im Untersuchungsgebiet dar, weshalb die Reaktionen des Modells am Beispiel dieser Kulturart am deutlichsten dargestellt werden können. Eine Veränderung des Weizenpreises wirkt sich direkt auf die Wirtschaftlichkeit des Weizenanbaues aus. Entsprechend ist nach einer Preiserhöhung eine Zunahme des Weizenanbaues zu erwarten und bei einer Preissenkung eine Einschränkung des Weizenanbaues.

**Abbildung 13: Änderungen des Weizenanbaus bei Preissenkungen bzw. -steigerungen**



Quelle: eigene Berechnungen (2003)

Die Abbildung zeigt, dass die Weizenanbaufläche nach einer Preisänderung ausgedehnt oder verringert wird. Bei einer Preiserhöhung wird der Weizenanbau in jedem Landkreis ausgedehnt. Bei einer Preissenkung wird der Weizenanbau in allen Landkreisen eingeschränkt. Auffällig ist, dass mit zunehmender Anbaufläche die Auswirkungen auf den Anbauumfang des Weizens größer werden. Das bedeutet, dass in Gebieten, in denen der Weizenanbau weit verbreitet ist, der Anbauumfang wesentlich preiselastischer als in

Gebieten mit geringer Weizenanbaufläche reagiert. Lediglich einige Regionen fallen aus diesem Schema. Dies sind in der Regel Regionen, in denen nur wenige unterschiedliche Kulturen angebaut werden bzw. einige Kulturen durch Quoten Anbaubegrenzungen unterliegen. Die Reaktionen erscheinen plausibel zu sein, da es sich um eine Grenzwertbetrachtung handelt. Stehen viele alternative Kulturen zur Auswahl, führt eine einseitige Veränderung der Wettbewerbsfähigkeit zur Veränderung der relativen Vorzüglichkeit bei allen anderen Kulturen. Entsprechend zeigt sich die Veränderung der Vorzüglichkeit an der Anbauveränderung des Winterweizens am deutlichsten, während alle anderen Kulturen je nach Wettbewerbsstellung weniger betroffen sind. Besonders in Regionen, in denen Zuckerrüben, Kartoffeln und Sonderkulturen weit verbreitet sind, sind die Auswirkungen bei Preisschwankungen gering, da die im Modell angenommenen Preiserhöhungen nicht ausreichen, um die relative Vorzüglichkeit dieser Produkte zu ändern. Ebenso werden bei einer Weizenpreissenkung diese Kulturen nicht ausgedehnt, da die Abnahmemenge dieser Produkte limitiert ist. Entsprechend tritt in Regionen mit hohem Weizen- und Sonderkulturenteil eine geringere Änderung des Weizenanbaus nach einer Preissenkung bzw. Preiserhöhung auf.

Betrachtet man die Auswirkung auf die Anbauverhältnisse von intensiv zu extensiv produziertem Weizen, dann verschieben sich die relativen Anbauanteile bei einer Preiserhöhung nicht. Die relativen Änderungsraten der speziellen Weizenintensität sind in den Regionshöfen weitestgehend konstant. So ist bei einer Preissteigerung um 20 % im Durchschnitt eine Anbauausdehnung des extensiven Weizenanbaus um 19,9 % zu erwarten, während für das intensive Weizenproduktionsverfahren eine Ausdehnung um 29,4 % errechnet worden ist. Die nachstehende Tabelle gibt die restlichen Ergebnisse wieder.

**Tabelle 24: Prozentuale Änderungsraten bei den Intensitäten des Weizenanbaus**

|                         | Änderung der Weizenanbaufläche bei dem |                                 |
|-------------------------|--|---------------------------------|
|                         | Extensiven Produktionsverfahren        | intensiven Produktionsverfahren |
| Preissteigerung um 20 % | 19,9 %                                 | 29,4 %                          |
| Preissteigerung um 10 % | 9,9 %                                  | 13,2 %                          |
| Preissenkung um 10 %    | - 13,1 %                               | - 10,1 %                        |
| Preissenkung um 20 %    | - 26,8 %                               | - 19,6 %                        |

Quelle: eigene Berechnungen 2003

Auffällig sind die nahezu gleichen Änderungsraten. So hat eine Preissteigerung um 20 % im extensiven Produktionsverfahren eine Anbauausdehnung des extensiven Produktionsverfahrens um 19,9 % zur Folge. Nahezu die gleiche Änderungsrate tritt beim intensiven Produktionsverfahren bei einer Preissenkung um 20 % auf. Entsprechendes gilt auch für die anderen Preisänderungsszenarien. Diese Ergebnisse sind daher auf die Kalibrierung der nichtlinearen Funktionskoeffizienten zurückzuführen. Die kostenseitige Kalibrierung führt zu einer Verschiebung der Grenzdeckungsbeitragsfunktion bei einer Preiserhöhung. Der daraus resultierende Effekt lässt sich nicht nur in kleinen Beispielsmodellen verzeichnen, sondern er tritt auch in diesem Regionalmodell auf.

#### 5.2.2.2 Begrenzung der Wasserversorgung

Für diese Analyse wird die verfügbare Wassermenge erst um 10 % anschließend um 20 % gekürzt. Hier zeigt sich die Abhängigkeit der Landwirtschaft von der öffentlichen Wasserversorgung. Während sich bei einer 10 %igen Kürzung der verfügbaren Wassermenge der Gesamtdeckungsbeitrag sich um 12 % vermindert, steigen die Deckungsbeitragsverluste bei einer Kürzung der Wassermenge um 20 % auf über 22 % an.

In den Regionshöfen wird bei einer Begrenzung der verfügbaren Wassermenge hauptsächlich die Viehhaltung reduziert. So vermindert sich im ersten Szenario der Großvieheinheitenbesatz um durchschnittlich 1,2 %. Die Werte schwanken zwischen 0,4 % und 2,5 %. Im zweiten Szenario wird die Tierhaltung weiter eingeschränkt, was sich an der 4 %igen Abnahme der Großvieheinheiten zeigt. Der Abbau der Großvieheinheiten schwankt zwischen 1,8 % und 6,8 %. Der höchste Bestandsabbau in der Tierhaltung wird in intensiven Milchviehhaltungsgebieten festgestellt.

Mit der Reduzierung der Tierhaltung verändert sich auch die Landbewirtschaftung im Untersuchungsgebiet. So wird der Anbau von von marktgängigen Kulturen wie Getreide und Raps erhöht. Gleichzeitig wird der Ackerfutteranbau, insbesondere der Silomais, eingeschränkt. Auch die Intensität der Grünlandbewirtschaftung wird gesenkt; ein Teil des Grünlandes wird nicht mehr bewirtschaftet.

Bei der zweiten Sensitivitätsanalyse wird der Wasserpreis um 50 % erhöht, wodurch der Umfang der Tierhaltung reduziert wird. So wird die Tierhaltung im Untersuchungsgebiet um 1,3 % gegenüber den ursprünglich gehaltenen Großvieheinheiten abgebaut. Innerhalb der Landkreise variiert die Bestandsreduktion zwischen 0,35 % und 3,1 %. Die Landbewirtschaftung bleibt aufgrund der geringen Auswirkung auf die Tierhaltung bis auf eine geringfügige Einschränkung der Feldfutterproduktion nahezu identisch. Ebenso hat dieses Szenario geringe Effekte auf den Deckungsbeitrag der Landkreise, die im Durchschnitt um 2 % fallen. Die höchsten Deckungsbeitragsverluste verzeichnen hier ebenfalls die intensiven Milchviehregionen.

### **5.3 Alternative Politiksznarien – Szenario der Verordnungsvorschläge der GAP-Reform**

#### **5.3.1 Szenariendefinition**

##### *5.3.1.1 Vorbemerkungen zu den vorgestellten Szenarien*

Das Decision-Support-System Danubia ist zur Zeit noch nicht vollständig implementiert. Aus diesem Grund können keine Szenarienläufe mit dem Gesamtmodell Danubia gerechnet und diskutiert werden. Die Szenarien beinhalten agrarökonomische Themen, die mit der Stand-Alone Version des Modells berechnet werden. Das Modell wird in den Szenarien zur Analyse aktueller agrarpolitischer Fragestellungen im Rahmen der Weiterentwicklung der Agenda 2000 eingesetzt.

Die Halbzeitbewertung der Agenda 2000 wurde zwischenzeitlich durchgeführt und eine Reform der Agenda 2000 beschlossen. Die Reformvorschläge zur Weiterführung der Agenda 2000 sehen gegenüber den bisherigen Rahmenbedingungen eine Entkopplung der Zahlungen vor. Da die Reforminhalte erst nach der Fertigstellung der Arbeit bekannt

geworden sind, sind nicht alle Reforminhalte in den Szenarienberechnungen berücksichtigt worden. Die wesentlichen Inhalte der Reform, wie die Entkopplung und die Kürzung der Prämienzahlungen, sind in den Szenarienberechnungen berücksichtigt worden. Aus diesem Grund liefern die Szenarien, trotz der im Detail veränderten Sachlage, gute Informationen über die regionalen Auswirkungen der Reform.

Die Entkopplung wird weitreichende Effekte auf die landwirtschaftliche Produktion haben. Um die Ergebnisse der Szenarienrechnungen besser einschätzen und bewerten zu können werden insgesamt drei Szenarien berechnet. Im ersten Szenario „Szenario Agenda 2005“ werden die vorgesehenen Ausgleichszahlungen für Kulturen und Tiere beibehalten. Im Szenario 2005 mit Entkopplung werden die Prämien, die im vorangegangenen Modell ermittelt worden sind, entkoppelt und auf die Fläche umgelegt. Das letzte Szenario beinhaltet eine Kürzung der regionalen Flächenprämien um 10 %. Während im Szenario 2005 die aktuellen Preise zugrundegelegt werden, wird im Szenario 2010 auf berechnete Erzeugerpreise aus Handelsmodellen zurückgegriffen.

#### *5.3.1.2 Eckpunkte der Verordnungsvorschläge der Europäischen Kommission*

Die Weiterentwicklung der europäischen Agrarpolitik ist nach der Halbzeitbewertung im Rahmen des Mid-Term-Review der Agenda 2000 die Hauptaufgabe der Kommission der Europäischen Gemeinschaft. Hierfür hat die Kommission Reformvorschläge gemacht (KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT, 2003), die im Folgenden kurz skizziert werden, bevor die Auswirkungen mit dem Modell berechnet werden.

Im Bereich der Pflanzenproduktion ist eine weitere Interventionspreissenkung von 5 % auf 95,33 €/t für Getreide vorgesehen. Diese Regelung gilt nicht für Roggen, da für Roggen die Intervention abgeschafft werden soll. Mit der Interventionspreissenkung werden die Flächenprämien für Getreide und Ölsaaten um 3 €/t auf 66 €/t erhöht.

Die Beihilfen sollen nicht mehr in Abhängigkeit der Tier- und Pflanzenproduktion bewilligt werden. Stattdessen soll eine betriebsbezogene Flächenprämie eingeführt werden. Die betriebsbezogene Flächenprämie wird aus den Prämienansprüchen des Betriebes der Jahre 2000 bis 2002 abgeleitet. Hierfür wird die aus den aktuellen Prämienansätzen berechnete Gesamtprämie auf die preisausgleichsberechtigte Fläche umgelegt. Preisaus-

gleichberechtigte Flächen sind weiterhin Körnerleguminosen, Ölsaaten und Getreide inkl. der Maisanbaufläche. Das Grünland und die bisher nicht prämienberechtigten Ackerfutterflächen wie Klee- und Kleegrasanbau werden zukünftig ebenfalls als prämienberechtigte Kulturen deklariert. In den Szenarien zwei und drei werden Zuckerrüben, Kartoffeln und Gemüseanbauflächen nicht als prämienberechtigte Kulturen vorgesehen. Der Anbauumfang der preisausgleichsberechtigten Kulturen wird zukünftig als preisausgleichsberechtigte Basisfläche definiert. Die auf die Basisfläche umgelegte Betriebsprämie ergibt die zukünftige betriebsspezifische Flächenprämie für die ausgleichsberechtigten Kulturen.

Produktionsabhängige Flächenprämien werden nach den Reformvorschlägen lediglich für Eiweißpflanzen und Energiepflanzen bewilligt. Für Energiepflanzen wird ein einheitlicher Förderbetrag von 45 €/ha angenommen. Die Flächenprämie für Eiweißpflanzen errechnet sich aus dem Produkt des historischen Referenzertrags und dem Zusatzbetrag von 9,5 €/t.

Die Flächenstilllegungsverpflichtung in Höhe von 10 % der preisausgleichsberechtigten Fläche für Nicht-Kleinerzeuger wird beibehalten, aber umgestaltet. Kleinerzeuger sind nun Betriebe mit weniger als 20 ha preisausgleichsberechtigter Fläche. Eine weitere Modifikation ist, dass die Flächenstilllegung als Dauerbrache durchzuführen ist. Der Anbau nachwachsender Rohstoffe ist auf diesen Flächen nicht mehr gestattet.

Im Bereich des Milchmarktes wird eine Beibehaltung der Milchquote bis in das Wirtschaftsjahr 2014/15 befürwortet. Der Richtpreis für Milch wird innerhalb von 5 Jahren in gleichen Schritten um insgesamt 28 % gesenkt. Im Gegenzug ist eine Anhebung der Quote um jeweils 1 % in den Jahren 2007 und 2008 vorgesehen und gleichzeitig wird eine Kompensation der Richtpreissenkung für Milch mit den geplanten Direktzahlungen angestrebt. Diese Prämienansprüche werden auf Basis der Milchquote in den historischen Referenzjahren berechnet und sollen in die Betriebsprämie einfließen.

Eine Kürzung der Direktzahlungen in Abhängigkeit der Höhe der bisherigen Prämienzahlungen ist ebenfalls vorgesehen. Kleine Betriebe mit weniger als 5.000 € Prämien erhalten keine Kürzungen. Betriebe, die derzeit zwischen 5.000 € und 50.000 € Prämien bekommen, bekommen eine Kürzung von 12,5 % im Jahr 2012. Betriebe, die ein Prämienvolumen in den Bezugsjahren von 50.000 € überschreiten, verlieren bis in das Jahr 2012 19 % ihrer Prämienzahlung.

### 5.3.2 Szenario 1: Agenda 2005

#### 5.3.2.1 Beschreibung des Szenarios

In diesem Szenario 1 „Agenda 2005“ werden die kulturartspezifischen Ausgleichszahlungen zugrunde gelegt, die ab dem Jahr 2002 gelten. Die Prämien werden wie bisher produktionsverfahrenspezifisch gewährt. Als Erzeugerpreise werden die Preisnotierungen aus dem Jahr 2002 zugrunde gelegt. In der folgenden Tabelle sind für die wichtigsten Produktionsverfahren die Prämien und Erzeugerpreise zusammen gefasst.

**Tabelle 25: Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Szenario 1: Agenda 2005**

| landw. Kultur      | Erzeugerpreise | Preisausgleichszahlung |             |
|--------------------|----------------|------------------------|-------------|
|                    |                | Baden-Württemberg      | Bayern      |
| Flächenstilllegung | -              | 333 €/ha               | 353 €/ha    |
| Hafer              | 8,50 €/dt      | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Körnerleguminosen  | 11,30 €/dt     | 384 €/ha               | 407 €/ha    |
| Körnermais         | 10,00 €/dt     | 387 €/ha               | 474 €/ha    |
| Sommergerste       | 12,00 €/dt     | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Sommerweizen       | 11,00 €/dt     | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Wintergerste       | 9,00 €/dt      | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Winterraps         | 22,00 €/dt     | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Winterroggen       | 10,00 €/dt     | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Winterweizen       | 11,00 €/dt     | 324 €/ha               | 348 €/ha    |
| Bullen             | 750 €/Bulle    | 290 €/Bulle            | 290 €/Bulle |
| Milch              | 27 €/dt        | 1,5 €/dt               | 1,5 €/dt    |

Quelle: SCHMID et al. (2003), BML (2002), BML (2000), BSTMLF (2002) und eigene Berechnungen (2003)

#### 5.3.2.2 Ökonomische Ergebnisse

Der Gesamtdeckungsbeitrag der Untersuchungsregion nimmt gegenüber der Basissituation um fast 8 % ab. Die Deckungsbeitragsverluste sind in den einzelnen Landkreisen unterschiedlich hoch. Die Einbußen betragen bis zu 16 % gegenüber dem Basisjahr 1995. Nahezu einkommensneutral verläuft die Weiterführung der Agenda 2000 in den bayerischen Grünlandgebieten mit Milchviehhaltung. Aufgrund der Preissenkungen für Rindfleisch treten höhere Einkommensverluste vor allem in den Regionshöfen mit intensiver Bullenmast auf Silomaisstandorten auf.

Der letzte Reformschritt der Agenda 2000 verschlechtert die Deckungsbeitrags-Prämienrelation. So bleibt durch die Aufgabe von unrentablen Grünlandstandorten der durchschnittliche Deckungsbeitrag der bewirtschafteten landwirtschaftlichen Nutzfläche mit 1.044 € stabil, aber der Anteil der Prämien steigt deutlich an. So werden im Durchschnitt 340 € Prämien pro Hektar landwirtschaftliche Nutzfläche in den einzelnen Regionen bezahlt. Die einzelnen Regionshöfe erzielen dabei Prämien in Höhe von 174 € bis zu 453 € pro Hektar. Wieder sind die Prämienzahlungen in den intensiven Bullenmastgebieten am höchsten, während die Prämienleistungen in Grünlandgebieten des Voralpenraumes am niedrigsten sind.

### *5.3.2.3 Auswirkungen auf die Landnutzung*

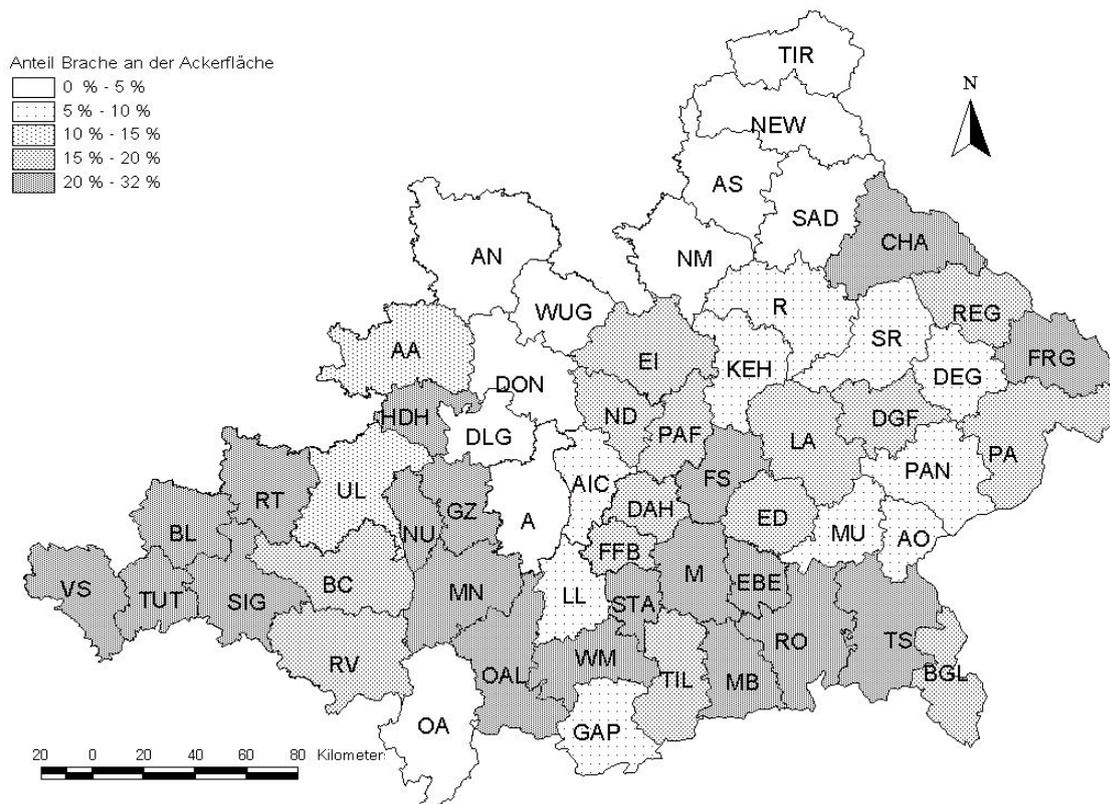
Die Fortführung der Agenda 2000 hat Auswirkungen auf die Landnutzung. Bisher war die Flächenstilllegung ein unrentables Produktionsverfahren. Mit dem letzten Reformschritt der Agenda 2000 steigt die relative Rentabilität der Flächenstilllegung aufgrund der sinkenden Getreide- und Rindfleischpreise weiter an. Konsequenterweise wird die Flächenstilllegung in vielen Modellregionen ausgedehnt. In der Ex-Post-Prognose für das Jahr 1999 waren nur etwa 5 % der Ackerfläche im Untersuchungsgebiet still gelegt. Dieser Anteil steigt in diesem Szenario auf 13 % des gesamten Ackerlandes im Untersuchungsgebiet an (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Demzufolge wird die Flächenstilllegung in einigen Regionshöfen freiwillig durchgeführt, da das Produktionsverfahren eine wirtschaftliche Alternative darstellt.

Der Flächenstilllegungsanteil an der Ackerfläche ist regional unterschiedlich hoch. Ein Bracheanteil von über 20 % an der Ackerfläche ist vor allem in den Vorgebirgsregionen zu finden. Die hohe Flächenstilllegungsrate ist auf einen niedrigen Ackerflächenanteil, der vorrangig zur Futterproduktion genutzt wird, zurückzuführen. Der Bestandsabbau in der Rinderhaltung führt dazu, dass nicht mehr für die Futterproduktion benötigte Ackerflächen still gelegt. Der gleiche Effekt tritt auch in den Landkreisen im Ostbayerischen Gebirge auf. In den extensiven Ackerbauregionen auf der Schwäbischen Alb in Baden-Württemberg steigt der Umfang der Brache ebenfalls deutlich an. In diesen Regionen war der Bracheanteil bereits im Jahr 1995 überdurchschnittlich hoch. Die Wettbewerbsfähigkeit der Flächenstilllegung wird gegenüber den preisausgleichsberechtigten Kulturen weiter

verbessert. In Regionen mit ungünstigen agronomischen Standorteigenschaften stellt die Flächenstilllegung daher eine Alternative für die Getreideproduktion dar.

Auch in einigen Regionshöfen mit intensiver Rindermast wird die Mindeststilllegungsverpflichtung überschritten. Hier bewirkt die Einschränkung des Silomaisanbaues aufgrund der Reduktion in der Tierhaltung eine Ausdehnung der Flächenstilllegung. Ein weiterer Effekt macht sich in extensiven Ackerbaugebieten mit niedriger Landwirtschaftlicher Vergleichszahl im Nordbayrischen Hügelland bemerkbar. Hier bewirkt die Ausgleichszulage, dass die Ackerflächen nicht aus der Produktion genommen werden, da für stillgelegte Flächen keine Ausgleichszulage gewährt wird. Ebenfalls niedrige Stilllegungsraten von unter 10 % sind in intensiven Ackerbauregionen mit günstigen Produktionsbedingungen zu verzeichnen.

**Karte 9: Prozentualer Anteil der Flächenstilllegung an der Ackerfläche in den Regionshöfen im Szenario 1: Agenda 2005**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Ein weiterer Effekt, der durch die Weiterführung der Agenda 2000 auftritt, ist die Aufgabe der Grünlandnutzung. Im Vergleich zum Referenzjahr werden im Gesamtgebiet fast 9 % der Grünlandflächen nicht mehr bewirtschaftet (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Regional ist der Anteil unbewirtschafteter Grünlandflächen sehr unterschiedlich. Der Bracheanteil an der Grünlandfläche schwankt zwischen 0 und 40 %. Besonders in günstigen Ackerbaugebieten werden viele Grünlandflächen nicht mehr bewirtschaftet, während in den intensiven Grünlandregionen nur sehr wenig Grünland nicht mehr genutzt wird. Hier wird das Grünland häufig extensiviert.

#### *5.3.2.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung*

In der Tierproduktion nehmen im Vergleich zur Basissituation die Rinderbestände ab. So sind Bestandsabnahmen in der Milchviehhaltung von ca. 9 % in allen Regionshöfen festzustellen, die vorrangig auf die Leistungssteigerung und die Quotenregelung in der Milchviehhaltung zurückzuführen sind. Ebenso vermindert sich die Zahl der Masttiere in der Rinderhaltung im Untersuchungsgebiet um 12 % (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Der Bestandsabbau bewegt sich in den einzelnen Landkreisen zwischen 0,3 % und 28,5 %. In den Grünlandgebieten fällt die Reduktion der Bullenmast in der Regel höher aus als in den Ackerbaugebieten. Dieser Effekt kann auf den höheren Viehbesatz in den Grünlandregionen zurückgeführt werden. Der hohe Viehbesatz und die bessere Verwertung des Silomaises in der Milchviehhaltung haben zur Folge, dass die Bullenmast in diesen Regionen aufgrund der gesunkenen Rindfleischpreise deutlicher eingeschränkt wird.

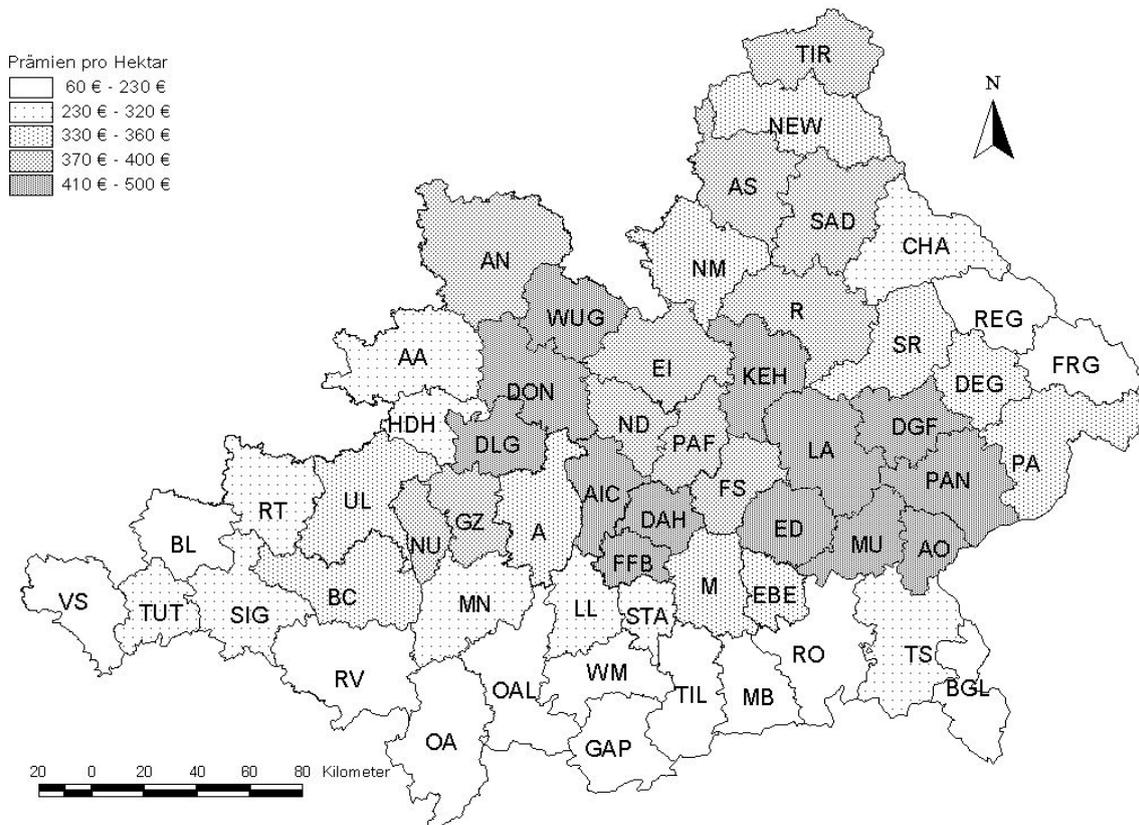
### **5.3.3 Szenario 2: Entkopplung 2005**

#### *5.3.3.1 Beschreibung des Szenarios*

Die Erzeugerpreise für landwirtschaftliche Produkte entsprechen den Erzeugerpreisen des 1. Szenarios (vgl. Tabelle 25). Bei diesem Szenario handelt es sich um ein wirklichkeitsfremdes Szenario, da von den auftretenden Produktionsmengeneffekten eine positive Auswirkung auf die Marktpreise erwartet wird. Dennoch ist dieses Szenario hilfreich, die Auswirkungen einer Entkopplung der Prämienzahlungen zu erfassen.

Im Szenario 2 „Entkopplung 2005“ dienen die Prämien für das Jahr 2002 als Berechnungsgrundlage. Hierzu wird eine Berechnung für das Jahr 2001 durchgeführt, aus der dann die Prämienansprüche für das Entkopplungsszenario abgeleitet werden können. Die Berechnungen ergeben eine unterschiedliche Prämienhöhe pro Hektar preisausgleichsberechtigter Fläche, die in der Karte 10 aufgezeigt oder im Anhang Tabelle A.XII aufgelistet sind. Als preisausgleichsberechtigte Fläche gelten in den beiden folgenden Szenarien, Flächen auf denen die folgende Kulturen angebaut werden: Winterweizen, Sommerweizen, Hülsenfrüchte, Flächenstilllegung, Wintergerste, Handelsgewächse, Körnermais, Triticale, Silomais, Klee gras, Grünland, Sommergerste, Hafer, Winterraps und Roggen. Nicht preisausgleichsberechtigte Flächen sind Flächen auf denen Kartoffeln, Zuckerrüben, Obst, Gemüse, Hopfen produziert werden. In dieser Karte sind nur die Flächen- und Tierprämien, die im Rahmen der Gemeinsamen Europäischen Agrarpolitik bezahlt werden, berücksichtigt. Die Ausgleichszulage und Prämienleistungen im Rahmen der länderspezifischen Agrarumweltprogramme sind in Karte 11 nicht berücksichtigt.

**Karte 10: Durchschnittliche Prämienhöhe je Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche unter den Bedingungen der Agenda 2000 für das Jahr 2001**



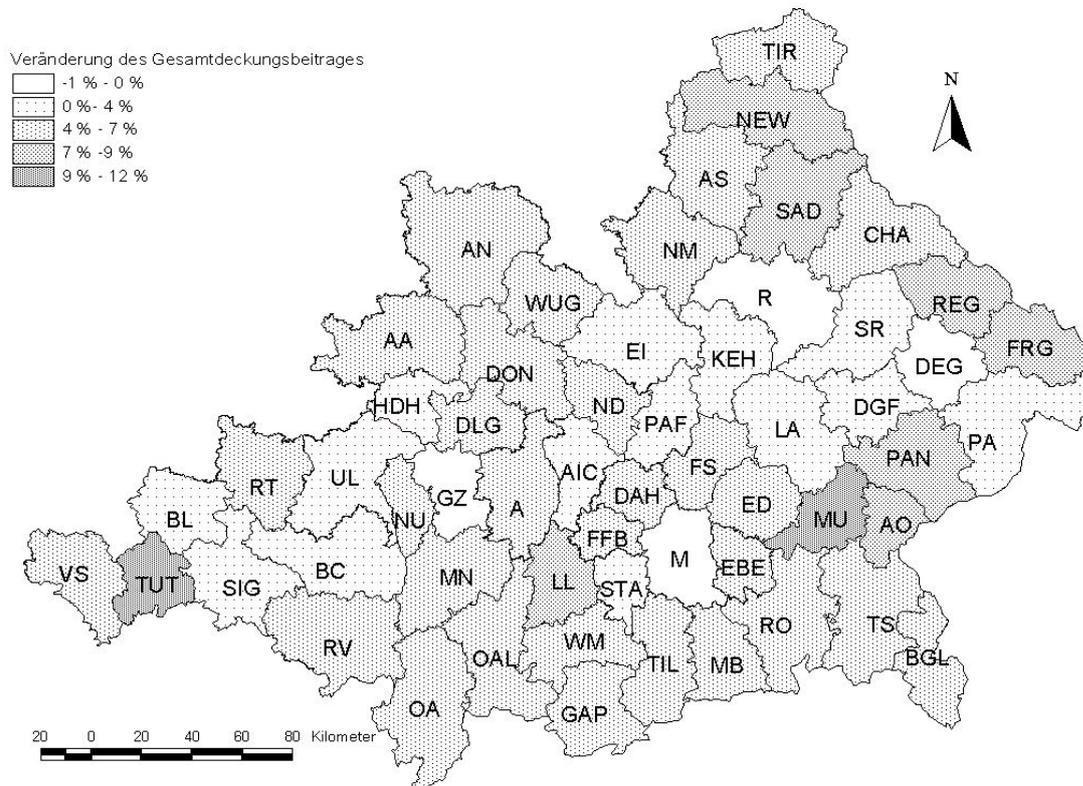
Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Die im Modelllauf für das Jahr 2001 ermittelten Prämien sind der Prämienbetrag für die entkoppelten Flächenprämien. Die ermittelten Prämien pro Hektar dienen als Fördergrundlage für das Szenario 2010. Die Ergebnisse stimmen in weiten Teilen mit den Ergebnissen von BERTELSMEYER ET AL. (2002) überein. Da die Verpflichtung besteht, das Land in einem guten agronomischen Zustand zu erhalten, wird für die Landnutzung eine Einheitsprämie eingeführt. Das bedeutet, dass nur für die prämiensberechtigten und bewirtschafteten Fläche ein Prämienrecht im Modell vorgesehen wird. Eine Obergrenze für den Anbauumfang von preisausgleichsberechtigten Kulturen wird in den beiden Entkopplungsszenarien nicht eingeführt, um die Wirkungen auf die Landnutzung besser darstellen zu können.

#### *5.3.3.2 Ökonomische Ergebnisse*

Im Vergleich zum Szenario 1 zeigt sich für die Gesamtregion eine positive Entwicklung des Gesamtdeckungsbeitrages. So steigt der durchschnittliche Deckungsbeitrag der bewirtschafteten Fläche auf 1.085 € an. Innerhalb der einzelnen Regionen streuen die erwirtschafteten Deckungsbeiträge zwischen 553 € und 1.772 €. Die höchsten Deckungsbeiträge werden ebenfalls wie in Szenario 1 in den Grünlandregionen mit intensiver Milchviehhaltung erwirtschaftet. Auch in den Rindermastregionen des südlichen Hügellandes werden hohe Deckungsbeiträge erwirtschaftet. Der Deckungsbeitrag der Gesamtregion steigt um 5 % an gegenüber dem Szenario 1 (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Nicht alle Landkreise profitieren von der Entkopplung. In den Landkreisen Regensburg, Deggendorf und München vermindert sich der Gesamtdeckungsbeitrag durch die Entkopplung. In allen anderen Landkreisen steigt der Gesamtdeckungsbeitrag bis zu 12 %. Die positive Einkommenswirkung der Entkopplung gegenüber der Fortführung der Agenda 2000 in den einzelnen Landkreisen ist in der folgenden Karte aufgezeigt.

### Karte 11: Differenz des Gesamtdeckungsbeitrages im Szenario 2 gegenüber dem Szenario 1



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

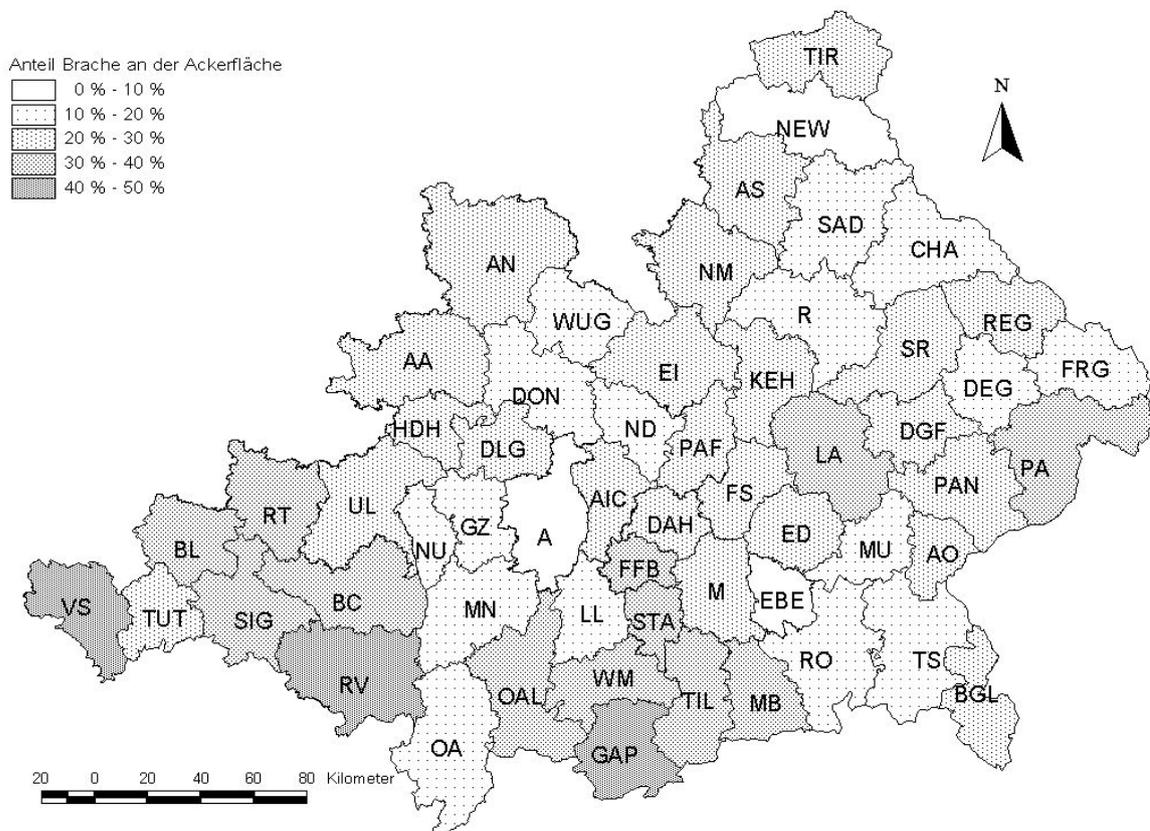
Regional unterschiedlich ist die Höhe der Prämien, die pro Hektar für die Regionshöfe ermittelt wird. Die Prämien betragen im Durchschnitt 398 €. Die höchste Prämie mit 520 € erhält der Regionshof Rottal, was auf die intensive Bullenmast zurückzuführen ist. Die niedrigsten Prämienzahlungen werden im Ostallgäu mit 259 € pro Hektar gewährt. Dabei kann festgestellt werden, dass der Deckungsbeitrag mit zunehmendem Prämienanteil am Deckungsbeitrag abnimmt.

#### 5.3.3.3 Auswirkungen auf die Landnutzung

Eine Auswirkung der Entkopplung der Prämien ist, dass die Prämien keine Produktionslenkung mehr haben. Durch die Entkopplung der Prämien verändert sich die Wettbewerbsfähigkeit der Kulturarten untereinander. Die Entkopplung der Prämien hat daher einen entscheidenden Einfluss auf den Anbauumfang der Produktionsverfahren im Ackerbau. So nimmt die Flächenstilllegung deutlich zu. Im Untersuchungsgebiet werden ca. 407.000 ha Ackerfläche nicht mehr zur Produktion eingesetzt, was einem Anteil von 23 % der

Ackerfläche entspricht. In einigen Regionen führt die Entkopplung zu einer Aufgabe der Bewirtschaftung von Ackerland, was auf zwei Ursachen zurückzuführen ist. Ein Grund ist die unzureichende Prämienhöhe, die die variablen Pflegekosten der Flächenstilllegung nicht decken kann. Ein weiterer Aspekt liegt in der Überschreitung der maximal ausgleichsberechtigten Stilllegungsfläche begründet, da die Regelungen der Agenda 2000 beibehalten werden, die einen maximalen Flächenstilllegungsanteil von 33 % an den preisausgleichsberechtigten Kulturen vorsehen. Regional sind die Änderungen sehr heterogen, wie die folgende Karte zeigt.

**Karte 12: Prozentualer Anteil der Brache an der Ackerfläche in Szenario 2**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Dabei zeigt es sich, dass insbesondere in extensiven Regionen der Stilllegungsanteil unter 10 % liegt. Dies liegt an der Ausgleichszulage, die nicht für Flächenstilllegung bezahlt wird, wodurch der Getreideanbau aufgrund der Ausgleichszulage wirtschaftlicher als die Flächenstilllegung ist. Stilllegungsraten mit über 20 % sind in den Ackerbaugebieten mit intensiver Rindermast vorzufinden. Die hohen Flächenstilllegungsraten in Baden-Württemberg sind auf den hohen Marktfruchtanteil an der Ackerfläche zurückzuführen.

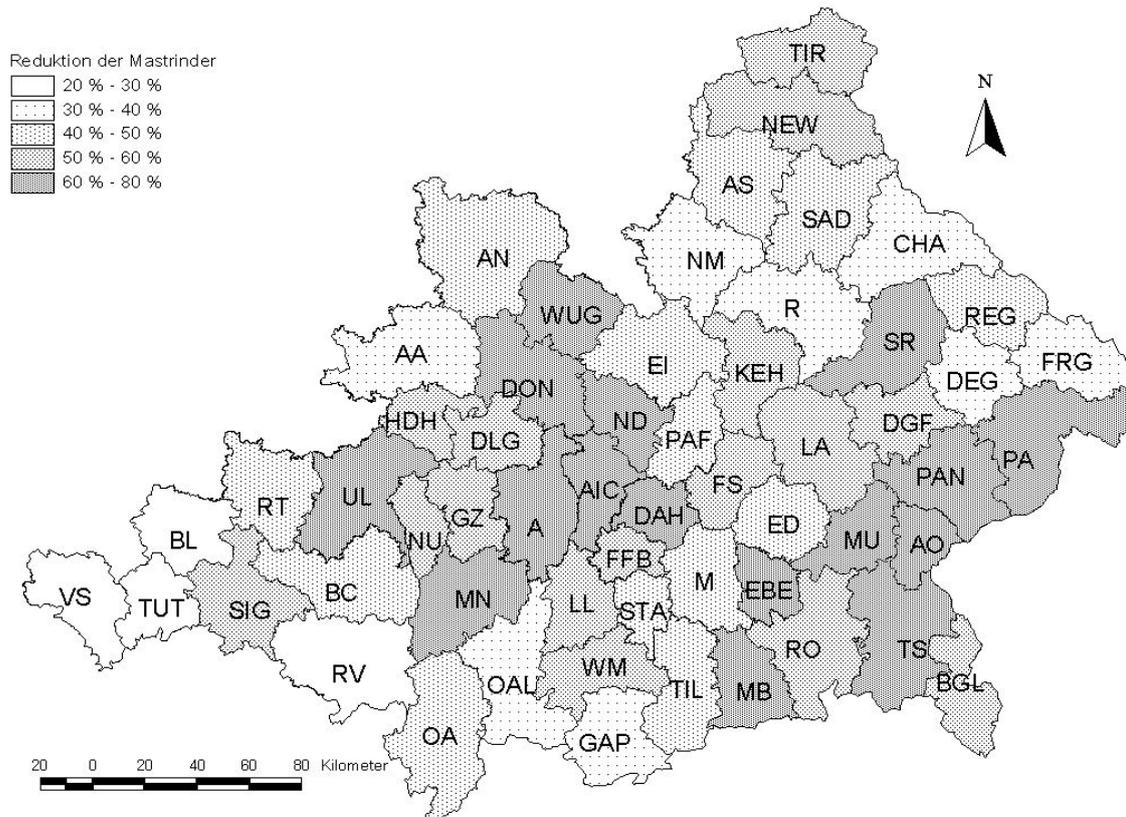
Die Entkopplung der Prämien und die Deklaration des Grünlandes als preisausgleichsberechtigte Kultur führen zu einem Wettbewerbsvorteil des Grünlandes gegenüber dem Ackerfutteranbau, welcher sich auch in der Landnutzung widerspiegelt. In diesem Szenario wird der Silomaisanbau um über 109.000 ha, das entspricht einer Reduktion um über 38 % gegenüber der Basissituation, eingeschränkt (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Vor allem in den intensiven Bullenmastgebieten wird der Silomaisanbau überdurchschnittlich eingeschränkt.

In diesem Szenario werden fast alle Grünlandflächen bewirtschaftet. Die neu geschaffenen Grünlandprämien, die für alle Grünlandflächen gewährt werden, führen zu einem Wettbewerbsvorteil des Grünlandes. Dies ist ein weiterer Faktor für die Einkommenssteigerung gegenüber dem Szenario 1. Im Untersuchungsgebiet fällt daher nur 1 % der Grünlandfläche im Vergleich zur Basis 1995 aus der Produktion heraus (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Eine Nutzungsaufgabe findet nur in wenigen Regionshöfen statt. Bei den Regionshöfen, die nicht alle Grünlandflächen bewirtschaften, handelt es sich um Gebiete mit umfangreicher Bullenmast oder mit umfangreichem Grünlandanteil, die einen niedrigen Viehbesatz aufweisen. In vielen Landkreisen wird ebenso eine Extensivierung der Grünlandnutzung durchgeführt, was zu einem Anstieg der Prämienzahlungen führt.

#### *5.3.3.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung*

Die Entkopplung hat weitreichende Auswirkungen auf die Rinderhaltung. Dies zeigt sich bei einem Vergleich der Rinderbestände mit dem Bestand des Referenzjahres 1995. So wird der Mutterkuhbestand um über 40 % dezimiert (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Eine Reduktion des Produktionsumfanges der Mastbullenhaltung lässt sich ebenso verzeichnen. In vielen Regionshöfen werden in der Mastbullenhaltung über 50 % der Tierbestände abgebaut. Insbesondere in Ackerbauregionen, bei denen vorrangig die Bullenmast mit Silomais durchgeführt wird, ist die Reduktion am größten. Dies liegt daran, dass die Entkopplung der Bullenprämie deutliche Wettbewerbsnachteile für die Bullenmast hervorruft. Bei einer Beibehaltung der Agenda 2000 konnten für einen Hektar Silomais, welcher als Hauptfutterfläche deklariert wird, etwa 970 € beantragt werden, die sich aus der Schlachtpremie sowie der Bullenprämie zusammensetzen. Nach der Entkopplung sind die erzielbaren Prämien deutlich niedriger.

**Karte 13: Prozentuale Reduktion der Rindermasthaltung im Untersuchungsgebiet im Szenario 2 gegenüber dem Referenzjahr 1995**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

### 5.3.4 Szenario 3: Entkopplung 2010

#### 5.3.4.1 Beschreibung des Szenarios

Die variablen Kosten und die Erzeugerpreise der landwirtschaftlichen Produktionsverfahren haben nach der geplanten Entkopplung und Kürzung der Prämien einen maßgeblichen Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren. Die geplante Entkopplung und Kürzung der Prämien hat zur Folge, dass die variablen Kosten und die Erzeugerpreise wieder einen maßgeblicheren Einfluss auf die Wirtschaftlichkeit der Produktionsverfahren haben. Während die variablen Kosten jährlich angepasst werden, ist eine Berechnung des Erzeugerpreises mit dem Angebotsmodell nicht möglich.

Nach dem Vollzug der vorgeschlagenen Interventionspreissenkungen verliert der Interventionspreis an Bedeutung. Für einige landwirtschaftliche Erzeugnisse wird der Weltmarktpreis zum Leitpreis für. Eine Ableitung der Erzeugerpreise aus dem Interventionspreis ist infolgedessen nicht sachdienlich. Da die Marktpreise aus den vorliegenden empirischen Daten nicht abgeschätzt werden können, wird auf die veröffentlichten Ergebnisse eines Handelsmodells zurückgegriffen.

Mit dem Handelsmodell GAPSi ist bereits eine Analyse über die Produktionsmengeneffekte und die Preisentwicklung der Reformvorschläge durchgeführt worden (BERTELSMEYER ET AL., 2002). Bei diesem Modell handelt es sich um ein partielles Gleichgewichtsmodell mit 13 landwirtschaftlichen Produkten (sieben pflanzliche Produkte und sechs tierische Produkte). Die Produktion und der Konsum von landwirtschaftlichen Erzeugnissen wird für die Mitgliedsstaaten der EU und drei weiteren Regionen prognostiziert (FAL, 2003). Die in diesem Modell ermittelten Preisänderungen werden zur Berechnung der Erzeugerpreise im Projektgebiet herangezogen.

Das Modell GAPSi geht von stabilen Getreidepreisen aus. Die Preise für Mais und Weizen steigen um 1,2 %, während für die sonstigen Getreidearten eine leichte Preissenkung in Höhe von 1,3 % erwartet wird. Lediglich für Roggen wird durch die Abschaffung der Roggenintervention eine Erzeugerpreissenkung um 13 % erwartet. Die errechneten Preise der verschiedenen Handelsmodelle stimmen für die pflanzlichen Erzeugnisse weitestgehend überein.

In den Handelsmodellen weist die Preisentwicklung für tierische Produkte große Unterschiede auf (EUROPÄISCHE KOMMISSION, 2002). Es gibt Modellergebnisse, die von steigenden Preisen ausgehen, während andere Modelle eine Preissenkung erwarten. Mit dem Modell GAPSi wird eine Preissteigerung von 17 % für Rindfleisch prognostiziert. Im Szenario 3 wird die Erzeugerpreisentwicklung des Modells GAPSi zugrunde gelegt. Diese Annahme wird übernommen, da die Nachfrage nach inländischem Rindfleisch als weitestgehend preisunelastisch angesehen wird. Im Szenario 3 wird daher ein Preisanstieg um 15 % für Rindfleisch zugrunde gelegt.

Der Wegfall der Bullenprämien wird auch Auswirkungen auf die Kälber- und Fresserpreise haben. Es wird erwartet, dass die Preise für Jungtiere sinken werden. Da hierfür

keine Informationen vorliegen, wird eine Preissenkung von 30 % für weibliche Kälber und weibliche Fresser angenommen. Die Preise für Bullenkälber werden um 50 % reduziert, da der Wettbewerbsvorteil der Bullenmast gegenüber der Färsenmast nach dem Wegfall der Bullenprämie nicht mehr so groß sein wird.

Die Milchquote wird entsprechend den Reformvorschlägen um 2 % ausgedehnt. Ebenso wird, bedingt durch die Erhöhung des Milchpreises und die Senkung des Interventionspreises, eine Senkung des Milchpreises um 15 % im Szenario angenommen.

**Tabelle 26: Erzeugerpreise und Ausgleichszahlungen für landwirtschaftliche Kulturen im Szenario 3: Entkopplung 2010**

|                    | Erzeugerpreise | Preisausgleichszahlung |         |
|--------------------|----------------|------------------------|---------|
|                    |                | Baden-Württemberg      | Bayern  |
| Flächenstilllegung | -              |                        |         |
| Hafer              | 9,00 €/dt      |                        |         |
| Körnerleguminosen  | 11,30 €/dt     | 55 €/ha                | 55 €/ha |
| Körnermais         | 10,80 €/dt     |                        |         |
| Sommergerste       | 13,00 €/dt     |                        |         |
| Sommerweizen       | 11,00 €/dt     |                        |         |
| Wintergerste       | 9,00 €/dt      |                        |         |
| Winterraps         | 23,00 €/dt     | 45 €/ha                | 45 €/ha |
| Winterroggen       | 9,00 €/dt      |                        |         |
| Winterweizen       | 11,00 €/dt     |                        |         |
| Bullen             | 780 €/Bulle    |                        |         |
| Milch              | 24 €/dt        |                        |         |

Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

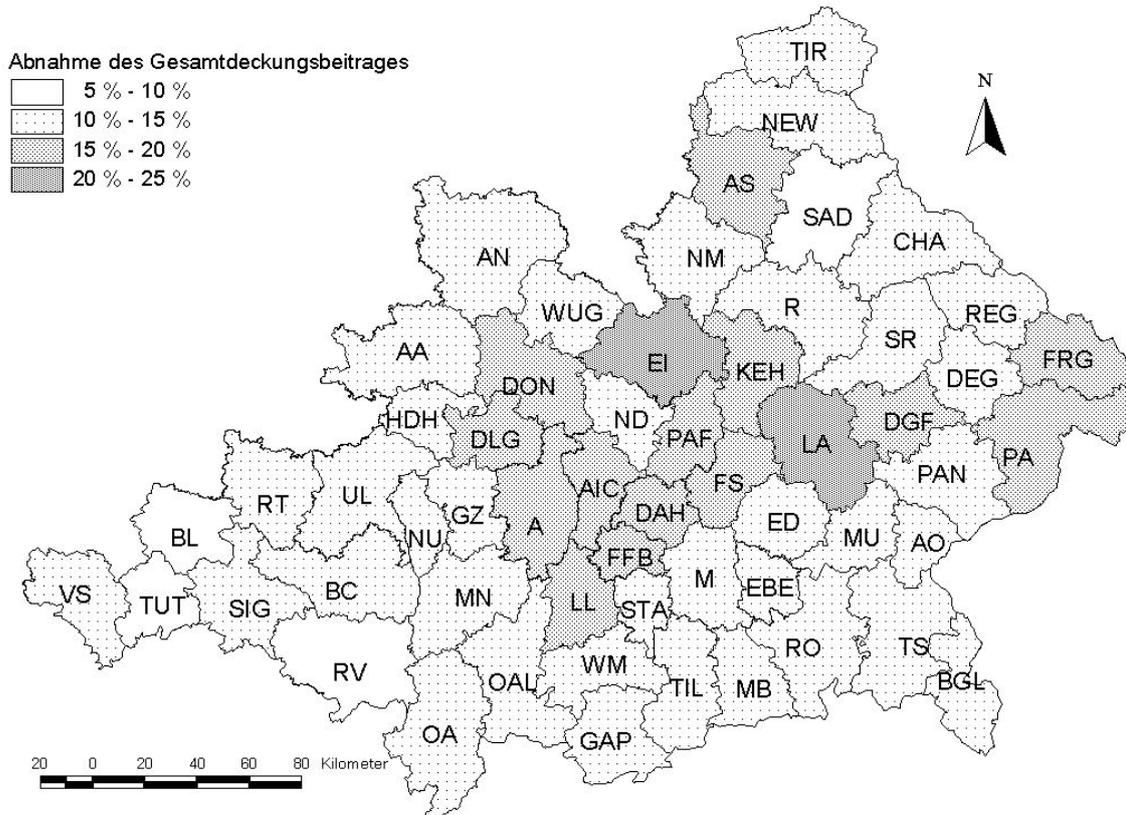
Die Prämienkürzungen sollen nach den Vorschlägen der EU-Kommission in Abhängigkeit von der derzeitigen Prämienhöhe vorgenommen werden. Da im vorliegenden Modell Regionshöfe untersucht werden, die keine einzelbetrieblichen Strukturen aufweisen, wird pauschal eine Prämienkürzung von 10 % der kalkulierten Basisflächenprämie vorgenommen (vgl. Tabelle A.XI im Anhang). Diese pauschale Prämienkürzung scheint plausibel zu sein, da ein Großteil der Haupterwerbsbetriebe im Untersuchungsgebiet zurzeit in die Klasse zwischen 5.000 € und 50.000 € Prämien einzuordnen ist. Betriebe mit einem jährlichen Prämienanspruch von über 50.000 € sind im Untersuchungsgebiet aufgrund der

Größenstruktur kaum vertreten. Bedeutender wird der Flächenanteil von Betrieben mit einem Prämienvolumen von unter 5.000 € eingeschätzt.

#### *5.3.4.2 Ökonomische Ergebnisse*

Die Entkopplung und die Kürzung der Prämien um 10 % führen zu einer Reduktion des Gesamtdeckungsbeitrags um 14,8 % im Untersuchungsgebiet gegenüber dem Referenzjahr 1995 (vgl. Tabelle A.X im Anhang). Bei einer Analyse der relativen Unterschiede der Einkommensänderung zwischen dem Referenzjahr und dem Szenario in den einzelnen Regionshöfen zeigen sich deutliche Unterschiede, was die Auswirkungen der Kommissionsvorschläge betreffen. Grundsätzlich müssen alle Landkreise Einkommenseinbußen hinnehmen. In den Regionshöfen mit hohem Grünlandanteil im Voralpen- und Alpenraum sowie im Bayerischen Wald führen die Entkopplung und die zehnprozentige Prämienkürzung zu Einkommenseinbußen von bis zu 10 %. Höhere Verluste bis 20 % zeichnen sich für Regionen mit einem höheren Ackeranteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche ab. In den Regionshöfen mit intensiver Bullenmast im Bayrischen Voralpenraum sind die Reformvorschläge mit geringeren Einkommensverlusten verbunden. Die geringeren Einkommensverluste sind darauf zurückzuführen, dass in der Bullenmast schon in der Vergangenheit nur mit den Prämien positive Deckungsbeiträge zu erwirtschaften waren. Die Entkopplung der Prämie bewirkt, dass die unrentable Bullenmast und die Silomaisfläche eingeschränkt werden und stattdessen der wirtschaftlichere Getreideanbau ausgedehnt wird. Die höchsten Einkommensverluste mit bis zu 25 % entstehen in den getreidereichen Ackerbaugebieten ohne Sonderkulturen. In diesen Regionen ist bereits im Basisjahr der Anteil der Prämien am Deckungsbeitrag hoch. Diesen Betrieben bieten sich kaum Alternativen, sich an die veränderten Rahmenbedingungen anzupassen. Daher sind diese Regionshöfe von den Prämienkürzungen am stärksten betroffen. Die folgende Karte zeigt die Deckungsbeitragsverluste in den Regionshöfen.

**Karte 14: Prozentuale Abnahme des Gesamtdeckungsbeitrages in Szenario 3 gegenüber der Basissituation 1995**



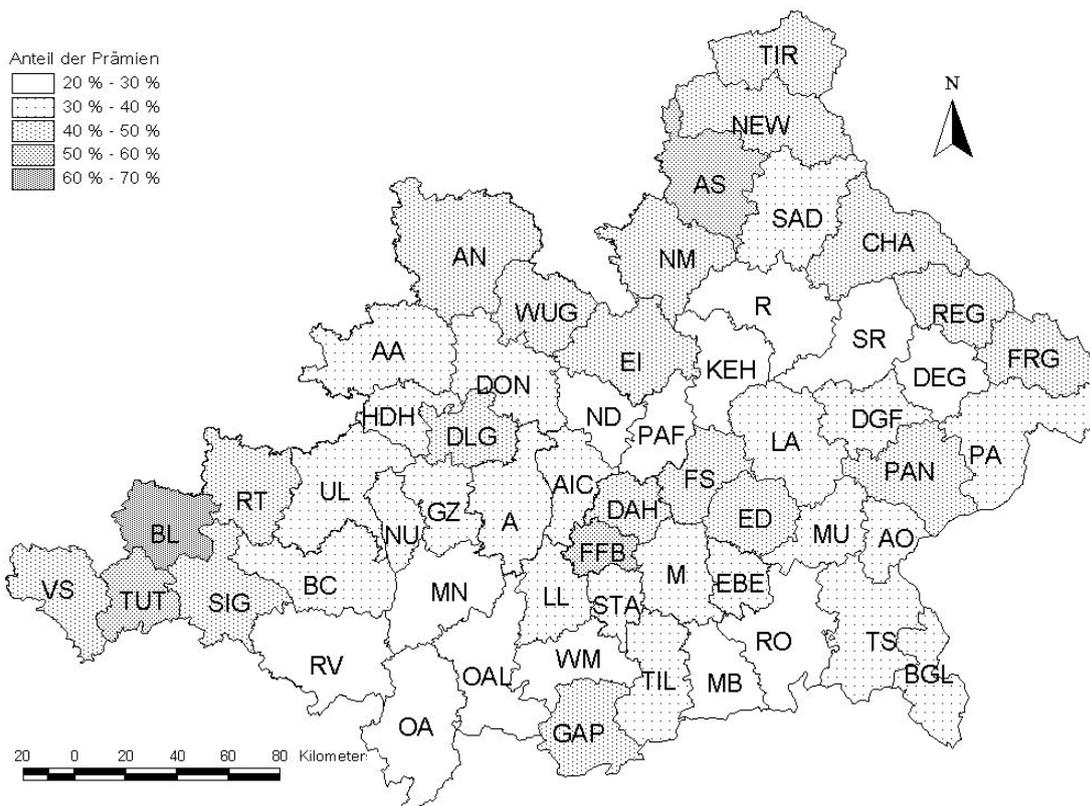
Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

In vielen Regionshöfen sinkt der durchschnittliche Deckungsbeitrag der bewirtschafteten landwirtschaftlichen Nutzfläche trotz der Aufgabe von Standorten. So werden im Szenario im Durchschnitt 944 € Deckungsbeitrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche erwirtschaftet, das sind etwa 100 € weniger als in der Referenzsituation. Dabei sind die Deckungsbeitragsdifferenzen zwischen den einzelnen Regionshöfen weitestgehend erhalten geblieben. In diesem Szenario wird der höchste Deckungsbeitrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche im Landkreis Ravensburg mit 1.526 € erwirtschaftet. Erneut wird in diesem Szenario der niedrigste Deckungsbeitrag pro Hektar landwirtschaftlicher Nutzfläche im Regionshof Zollernalb mit 508 € erwirtschaftet.

Die Ausführungen machen bereits die große Bedeutung der Prämien für die Erzielung eines positiven Deckungsbeitrages deutlich. In diesem Szenario erhalten die Regionshöfe im Durchschnitt 370 €/ha Prämie, damit liegt der Prämienanteil am Deckungsbeitrag bei ca. 35 %. Der Prämienanteil am Gesamtdeckungsbeitrag streut in den Regionshöfen

zwischen 21,6 % und 67,5 %. Auch hier lassen sich die Streuungen wieder regional abgrenzen. Den niedrigsten Anteil an den Prämien verzeichnen intensive Ackerbaugebiete mit einem hohen Anteil an Hackfrüchten und Sonderkulturen. Ebenfalls in dieser Gruppe sind die Regionshöfe in den Grünlandgebieten mit intensiver Milchproduktion. Einen Prämienanteil zwischen 30 % und 40 % am Deckungsbeitrag finden sich auf den Ackerbaustandorte mit durchschnittlichen Bonitäten. Hohe Prämienleistungen erhalten die bisherigen Rindermaststandorte auf Silomaisbasis, die Regionshöfe im Ostbayerischen Mittelgebirge und die Ackerbaugrenzstandorte auf der Schwäbischen Alb. Diese Landkreise erzielen aufgrund der niedrigen Landwirtschaftlichen Vergleichszahl eine hohe Prämienzahlung mit dem Bezug der Ausgleichszulage. Die Karte 15 gibt den prozentualen Anteil der Prämienzahlungen am Gesamtdeckungsbeitrag der Regionshöfe wieder.

**Karte 15: Prozentualer Anteil der Prämienzahlungen am Gesamtdeckungsbeitrag im Szenario 3**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Ein Zusammenhang zwischen der Höhe des Deckungsbeitrages pro Hektar und dem Prämienanteil am Deckungsbeitrag kann nachgewiesen werden. So ist der Anteil der

Prämie am Gesamtdeckungsbeitrag umso größer, je geringer der Deckungsbeitrag je Hektar bewirtschafteter Fläche ist. Hierfür wurde eine Regression berechnet, die den Anteil der Prämien aus dem Deckungsbeitrag ableitet. Das Bestimmtheitsmaß, welches aus der Prämienzahlung die Höhe des Deckungsbeitrags erklärt, beträgt ( $R^2=0,68$ ). Damit leisten die Prämien einen wichtigen Beitrag für die flächendeckende Landbewirtschaftung, insbesondere an schlechten Standorten.

Die Einkommensabnahme nach der Prämienkürzung macht deutlich, dass der Deckungsbeitrag pro Arbeitskraft ohne Arbeitskräfteabbau nicht aufrecht zu erhalten ist. In diesem Szenario fällt der Deckungsbeitrag pro Arbeitskraft, sofern der Strukturwandel und die damit verbundene Abwanderung von ca. einem Prozent der landwirtschaftlich Beschäftigten unterbleiben, im Durchschnitt um 14,5 %. Der durchschnittliche Deckungsbeitrag fällt in diesem Szenario, sofern keine Abwanderung durch Strukturwandel stattfindet, auf 20.860 €. Die niedrigste Arbeitskraftentlohnung mit 15.000 € bis 20.000 € je Arbeitskraft wird in den Regionshöfen mit intensiver Rindermast erwirtschaftet.

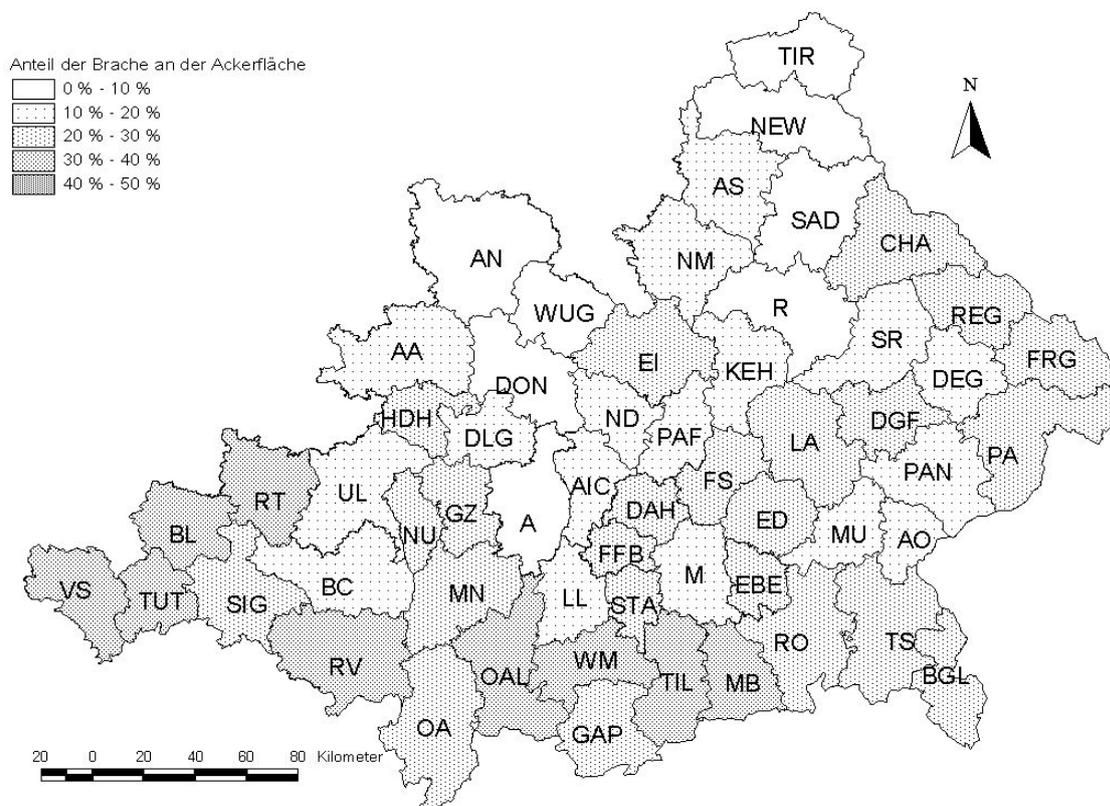
Die Anpassung der Landwirte an die veränderten Rahmenbedingungen führt zu einem geringeren Arbeitskräftebedarf in der Landwirtschaft. So werden nach den Modellberechnungen 15 % der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte gegenüber dem Referenzjahr nicht mehr benötigt. In den einzelnen Regionshöfen differiert der Anteil zwischen 9 % und 21 %. Ein Arbeitsplatzabbau von unter 10 % findet vor allem in den Ackerbaugebieten statt, während über 17 % der Arbeitskräfte in den Regionshöfen mit intensiver Bullenmast freigesetzt werden. Trotz dieses Arbeitsplatzabbaus ist die Landwirtschaft in diesen Regionen nicht in der Lage, das Einkommen der in der Landwirtschaft Beschäftigten zu steigern. So wird in den intensiven Bullenmastgebieten mit einem Deckungsbeitrag von unter 25.000 € je Arbeitskraft die Arbeitskraft am schlechtesten entlohnt. Bei einem vollständigen Abbau nicht mehr benötigter Arbeitskräfte beträgt der durchschnittliche Deckungsbeitrag je Arbeitskraft 23.100 €.

#### *5.3.4.3 Auswirkungen auf die Landnutzung*

Eine Modulation der Prämien führt zu deutlichen Änderungen in der Landbewirtschaftung. Im Untersuchungsgebiet nimmt der Anteil der Brache deutlich zu. Insgesamt werden ca. 309.000 ha Ackerfläche nicht mehr bewirtschaftet, das entspricht einen Bracheanteil von

17 % an der Ackerfläche (vgl. Tabelle A.X Anhang). Ein so hoher Bracheanteil von Ackerland, wie sie im Szenario 2 festgestellt wird, tritt nur bei einigen Landkreisen auf. Der höchste Flächenstilllegungsanteil wird im Landkreis Zollernalb mit 37 % an der Ackerfläche festgestellt. Hohe Bracheanteile sind wieder in den Regionshöfen des Alpen- und Voralpengebietes zu verzeichnen, ebenso in den Landkreisen auf der Geringeren Alb. In diesen Regionshöfen werden Bracheanteile bis zu 35 % realisiert. Stilllegungsraten mit bis zu 30 % werden in den Landkreisen im Ostbayerischen Gebirge und in den Ackerlandgebieten mit intensiver Rindermast verzeichnet. Die Regionshöfe im bayerischen Tertiärhügelland mit intensiver Bullenmast treten im Vergleich zu den übrigen Landkreisen in diesem Gebiet mit Stilllegungsraten von über 20 % deutlich hervor. Stilllegungsraten von unter 10 % werden im benachteiligten Keupergebiet verzeichnet. Hier ist der Getreidebau aufgrund der hohen Ausgleichszulage immer noch wirtschaftlicher als die Flächenstilllegung, für die keine Ausgleichszulage gewährt wird. Die folgende Karte zeigt die Flächenstilllegungsrate in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes.

**Karte 16: Prozentualer Anteil der Brache an der Ackerfläche im Szenario 3**

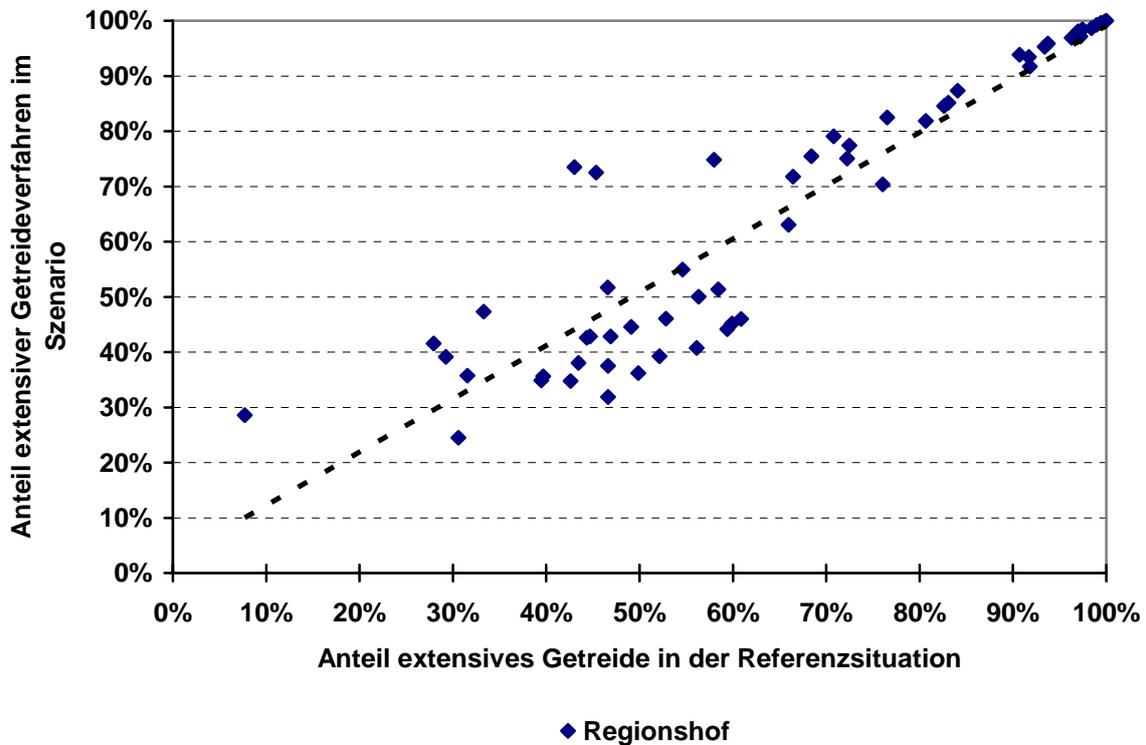


Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Der Getreideanbau ist im Untersuchungsgebiet gegenüber der Referenzsituation um über 80.000 ha eingeschränkt worden. Das entspricht einer Reduktion von ca. 8 %. Der Anbau von Sommergerste und Hafer wird jeweils um ca. 10 % ausgedehnt. Alle anderen Getreidearten werden eingeschränkt. Besonders stark eingeschränkt wird der Körnermaisbau, der durch die Prämienangleichung an Wettbewerbsvorzügen gegenüber anderen Produktionsverfahren verliert. Ebenso betroffen von der Entkopplung ist der Rapsanbau, der in vielen Regionen zurückgeht. Insgesamt wird der Rapsanbau gegenüber der Basissituation um 25 % eingeschränkt (vgl. Tabelle A.X Anhang). Die Änderungen des Rapsanbauumfanges sind regional sehr heterogen. In den intensiven Bullenmastgebieten kann sich der Raps zu Lasten des Silomais leicht ausdehnen. In vieharmen Ackerbaugebieten mit niedrigen Prämien wird der Raps zugunsten der Flächenstilllegung eingeschränkt.

Die Prämienentkopplung hat auch Auswirkungen auf die Intensität der Landwirtschaft. Die folgende Abbildung vergleicht den Anteil der extensiven Getreidefläche in der Basissituation mit der extensiven Getreidefläche im Szenario. Die Regionshöfe sind durch die Punkte dargestellt. Die Diagonale im Diagramm verdeutlicht die Veränderungen. Liegt der Regionshof über der Diagonalen, dann hat sich der Anteil der extensiven Getreideanbaufläche im entsprechenden Regionshof ausgedehnt, während sich unterhalb der Diagonale das intensive Getreideanbauverfahren im entsprechendem Regionshofs ausgedehnt hat.

**Abbildung 14: Vergleich der Anteile der extensiven Getreideproduktionsfläche in der Basissituation mit dem Ergebnis des Szenarios 3**



In Regionshöfen, bei denen bereits im Referenzjahr der Anteil der extensiven Getreideanbauverfahren über 65 % lag, nimmt der Anteil der extensiven Getreidefläche weiter zu. Lediglich in zwei Regionshöfen wird der Anteil der intensiven Getreideanbauverfahren ausgedehnt. In Regionshöfen mit einem Anteil von unter 65 % extensiver Getreidefläche ist die Situation heterogener. Ein Teil der Regionshöfe intensiviert den Getreideanbau, andere Regionshöfe extensivieren sehr stark. Die wenigen Regionshöfe, die eine Extensivierung durchführen, haben in der Basissituation einen hohen Mastrinderbesatz, der in diesem Szenario deutlich reduziert wird. Damit steht in diesen Landkreisen weniger Wirtschaftsdünger zur Verfügung, der durch den Zukauf von Handelsdünger substituiert werden muss. Ein weiterer Grund, der zur Extensivierung führt, ist der geringere Futterbedarf durch die sinkenden Tierzahlen.

Im Grünland sind die Auswirkungen auf die Intensität unterschiedlich. Im gesamten Untersuchungsgebiet nehmen die intensiven Produktionsverfahren um 2 % ab. Vor allem in den Alpengebieten mit einem hohen Grünlandanteil an der landwirtschaftlichen Nutzfläche wird eine Extensivierung durchgeführt. Intensiviert wird die Grünland-

wirtschaft teilweise in den intensiven Bullenmastregionen, da die Wettbewerbsfähigkeit des Grünlandes gegenüber dem Silomaisanbau zugenommen hat.

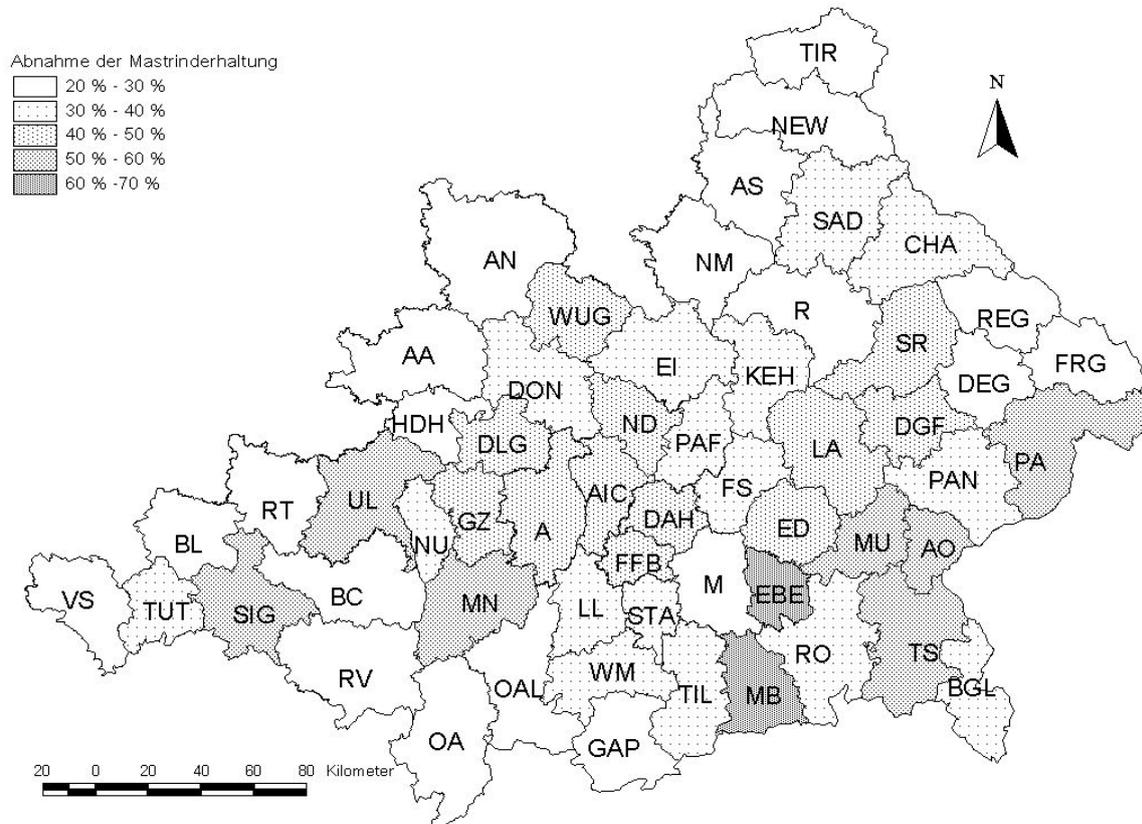
#### *5.3.4.4 Auswirkungen auf die Tierhaltung*

Die Entkopplung der Prämien hat auch Auswirkungen auf die Tierhaltung. In allen Landkreisen geht der Tierbesatz zurück. Am wenigsten betroffen sind die Tierhaltungsverfahren in der Schweine- und Hühnerhaltung. Beide Veredlungszweige führen nur sehr geringe Bestandsreduktionen durch.

Prozentual den größten Bestandsabbau an Großvieheinheiten ist in den intensiven Bullenmastregionen mit Silomaisanbau in den Voralpen zu finden. In den weniger viehintensiven Regionen ist der Bestandsabbau weniger drastisch. Am geringsten sind die Auswirkungen auf Grünlandstandorte, da in diesen Regionen nur sehr wenig Prämien aus der Kulturpflanzenregelung gezahlt werden. In grünlandreichen Regionen fördern die Grünlandprämien, die im Rahmen der Agrarumweltprogramme ausbezahlt werden, die Wirtschaftlichkeit der Rindermast. Hier ist der Bestandsabbau in der Rinderhaltung auf die Leistungssteigerung in der Milchviehhaltung von zurückzuführen. Die jährliche Milchleistungssteigerung von 50 kg pro Kuh und Jahr führt dazu, dass mit weniger Milchkühen die Milchquoten ermolken werden können.

Die Einschränkung der Tierhaltung ist bei prämienberechtigten Mutterkühen und Mastbullen am deutlichsten ausgeprägt. Am deutlichsten betroffen sind die Mutterkühe. Ihr Bestand verringert sich im Untersuchungsgebiet um 35 % gegenüber dem Referenzjahr 1995 (vgl. Tabelle A.X im Anhang), wobei der Bestandsabbau zwischen 18 % und über 80 % in den einzelnen Regionshöfen variiert. Der niedrigste Bestandsabbau findet in Grünlandgebieten statt, während in intensiven Ackerbaugebieten, insbesondere in den Rindermast-Silomaisanbaugebieten, der Rückgang der Mutterkuhhaltung am höchsten ist. Die folgende Karte zeigt den Bestandsabbau in der Mastrinderhaltung.

**Karte 17: Prozentuale Abnahme der Mastrinderhaltung in den Landkreisen im Szenario 3 gegenüber dem Referenzjahr 1995**



Quelle: Kartengrundlage: ESRI Geoinformatik GmbH (2000), eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Auf die Wirtschaftlichkeit der Bullenmast hat die Entkopplung der Prämie drastische Auswirkungen. Im Untersuchungsgebiet wird die Anzahl der gehaltenen Mastbullen um fast 55 % reduziert. In den intensiven Rindermastregionen auf Silomaisbasis werden über 40 % weniger Mastbullen gehalten. In Grünlandgebieten mit wenig Ackerbau fällt der Bestandsabbau mit weniger als 40 % niedriger aus. Am niedrigsten sind die Bestandsabnahmen in den Landkreisen mit intensiver Milchviehhaltung sowie in den extensiven Gebieten in Nord- und Ostbayern. Eine etwas andere Entwicklung zeichnet sich in der Mastfärsenhaltung ab. Hier sind in einigen Landkreisen leichte Zunahmen zu verzeichnen, die sich aber alle unter 6 % bewegen. Die Expansion der Färsenmast ist auf die Einschränkung des Produktionsverfahrens Bullenmast zurückzuführen.

#### *5.3.4.5 Ökologische Auswirkungen*

Die Entkopplung führt nicht nur zu einer veränderten Agrarstruktur, sondern hat auch Auswirkung auf die ökologischen Kenngrößen. Durch die Änderungen der Bewirtschaftungsintensität und die Zunahme der Brache sinkt der Stickstoffdüngerbedarf im Untersuchungsgebiet. Der durchschnittliche Stickstoffdüngerbedarf in den Regionshöfen sinkt um 14 kg/ha auf 106 kg/ha. Der niedrigste Stickstoffbedarf mit 44 kg/ha wird weiterhin im Regionshof Garmisch-Partenkirchen verzeichnet, während der Regionshof Ravensburg mit 141 kg/ha Stickstoff lediglich eine Abnahme von 1 kg/ha verzeichnet. Dieser Regionshof weist gleichzeitig den höchsten Stickstoffbedarf pro Hektar in diesem Szenario auf. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die Höhe des Stickstoffdüngerbedarfes in den Landkreisen.

**Tabelle 27: Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger und Stickstoffbedarf für die Pflanzenproduktion im Szenario 3 Entkopplung 2010**

| Landkreis                               | Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger (kg/ha) | Stickstoffbedarf in (kg/ha) | Landkreis                                      | Stickstoffanfall aus Wirtschaftsdünger (kg/ha) | Stickstoffbedarf in (kg/ha) |
|---|--|-----------------------------|--|--|-----------------------------|
| Bayern - Regierungsbezirk Mittelfranken |  |                             | Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |  |                             |
| AN                                      | 85   | 135                         | AS   | 73   | 116                         |
| WUG                                     | 82   | 123                         | CHA  | 94   | 107                         |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |  |                             | NEW  | 76   | 111                         |
| DEG                                     | 55   | 116                         | NM   | 75   | 122                         |
| DGF                                     | 64   | 128                         | R  | 54   | 140                         |
| FRG                                     | 83   | 57                          | SAD  | 84   | 123                         |
| KEH                                     | 56   | 122                         | TIR  | 83   | 114                         |
| LA                                      | 88   | 109                         | Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |  |                             |
| PA                                      | 95   | 101                         | A  | 86   | 130                         |
| PAN                                     | 102  | 119                         | AIC  | 85   | 127                         |
| REG                                     | 92   | 69                          | DLG  | 76   | 123                         |
| SR                                      | 55   | 128                         | DON  | 82   | 138                         |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |  |                             | GZ   | 95   | 113                         |
| AO                                      | 103  | 124                         | MN   | 135  | 117                         |
| BGL                                     | 98   | 86                          | NU   | 89   | 116                         |
| DAH                                     | 66   | 122                         | OA   | 78   | 78                          |
| EBE                                     | 96   | 96                          | OAL  | 119  | 119                         |
| ED                                      | 98   | 112                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |  |                             |
| EI                                      | 44   | 107                         | VS   | 67   | 83                          |
| FFB                                     | 54   | 120                         | TUT  | 48   | 57                          |
| FS                                      | 59   | 108                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |  |                             |
| GAP                                     | 56   | 44                          | AA   | 84   | 110                         |
| LL                                      | 88   | 109                         | HDH  | 72   | 103                         |
| M                                       | 29   | 106                         | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |  |                             |
| MB                                      | 84   | 61                          | BC   | 98   | 129                         |
| MU                                      | 108  | 117                         | BL   | 37   | 51                          |
| ND                                      | 76   | 111                         | RT   | 64   | 81                          |
| PAF                                     | 53   | 107                         | RV   | 126  | 141                         |
| RO                                      | 120  | 100                         | SIG  | 67   | 96                          |
| STA                                     | 63   | 85                          | UL   | 74   | 112                         |
| TIL                                     | 80   | 70                          |  |  |                             |
| TS                                      | 107  | 92                          |  |  |                             |
| WM                                      | 108  | 99                          |  |  |                             |

Quelle: eigene Berechnungen und Darstellung (2003)

Bei einem Vergleich mit der Referenzsituation fällt auf, dass viele Regionshöfe ihre Düngungsintensität verringern. Damit kann eine Abnahme der Gewässergefährdung verzeichnet werden. Regional ist aber der Stickstoffbedarf weiterhin hoch. Besonders auf den besseren Ackerbaustandorten ist in diesem Szenario ein hoher Stickstoffeinsatz lohnend.

Eine weitere ökologische Kenngröße ist die Menge an organisch gebundenem Stickstoff im Wirtschaftsdünger, die in den Regionshöfen anfällt. Auch bei dieser Kenngröße hat sich durch den Bestandsabbau in der Tierhaltung das Gewässergefährdungspotential vermindert. So fallen im Durchschnitt über alle Regionshöfe nur noch knapp 80 kg/ha Stickstoff aus Wirtschaftsdünger an. Die Werte schwanken für die einzelnen Regionshöfe deutlich. So fallen im Regionshof München nur 29 kg/ha organisch gebundener Stickstoff an. Die Werte für Ravensburg, Rosenheim, Ober- und Unterallgäu mit Wirtschaftsdünger-mengen von über 120 kg/ha sind weiterhin hoch, weil in diesen Landkreisen weiterhin eine sehr intensive Viehhaltung betrieben wird. Hierbei handelt es sich um typische Grünlandregionen mit intensiver Milchviehhaltung, die durch die Reformen nicht so sehr betroffen sind. Entsprechend sind nur geringe Veränderungen bei den bestehenden Produktionsweisen zu erwarten. Die höchsten Abnahmen sind bei den intensiven Bullenmastgebieten eingetreten. In vielen Regionshöfen mit umfangreicher Bullenmast hat sich der Anfall von Wirtschaftsdünger um ca. 20 % reduziert.

Der verminderte Viehbesatz führt nicht nur zu einem deutlichen Rückgang des Anfalls an Wirtschaftsdünger, sondern es wird auch der Silomaisanbau eingeschränkt. Mit der Landnutzung verändert sich auch der Anteil der erosionsanfälligen Kulturen im Untersuchungsgebiet. So sinkt der Reihenkulturanbau, um ca. 150.000 ha auf 333.300 ha, was einem neuen Anteil von 10 % an der Ackerfläche entspricht. Die höchsten Anteile an erosionsanfälligen Kulturen sind nun in den Landkreisen Deggendorf, Dingolfing und Straubing vorzufinden. Alle drei Landkreise haben einen hohen Anteil an Zuckerrüben, Kartoffeln und Körnermais. Diese Kulturen werden nur wenig reduziert, im Gegensatz zum Silomais. Hier wird mit dem Austausch des Silomais gegen die Flächenstilllegung ein Beitrag zur Senkung des Gewässergefährdungspotentials geleistet.

## 6 Diskussion und Schlussfolgerungen

In diesem Kapitel wird eine abschließende Betrachtung und Bewertung des Modells durchgeführt. Das Konzept des agrarökonomischen Regionalmodells und die vorgestellten Szenarienergebnisse werden diskutiert, bevor die eigenen Modellergebnisse mit Modellergebnissen anderer Arbeitsgruppen verglichen werden.

### **6.1 Modellkonzept**

Für die Bewertung unterschiedlicher Szenarien wird in dieser Arbeit ein Regionalmodell auf Landkreisebene eingesetzt. Wie schon im Theorieteil der Arbeit festgestellt wird, wirkt sich der Aggregationsfehler umso stärker aus, je heterogener die Betriebe innerhalb der Region sind. In den letzten Jahren werden agrarpolitische Förderungsmodalitäten zunehmend mit betriebsspezifischen Regeln differenziert. Die betriebsspezifischen agrarpolitischen Regelungen können mit Regionshöfen nicht oder nur unzureichend abgebildet werden. Bei der Bildung von Regionshöfen ergeben sich u.a. Probleme bei der Bemessung der Ausgleichszulage, der Flächenstilllegungsbedingung oder bei der Deklaration der Silomaisfläche als Hauptfutterfläche oder Marktfruchtfläche. Für die Bewertung agrarpolitischer Maßnahmen auf einzelbetrieblicher Ebene sind Regionshofmodelle daher nur begrenzt aussagefähig. Vielmehr sind andere Modelle in die Bewertung von agrarpolitischen Szenarien einzubeziehen, um die Auswirkungen des Aggregationsfehlers abschätzen zu können.

In der Untersuchung wird durch die Verwendung der Erweiterung der Positiven Quadratischen Programmierung von RÖHM (2001) gezeigt, dass mit diesem Ansatz nicht nur eine Änderung des Anbauspektrums, sondern auch Intensitätswirkungen untersucht werden können. In vergleichbaren Arbeiten wird häufig mit grob geschätzten Produktionsfunktionen gearbeitet, die aus pflanzenbaulicher Sicht unzureichend sind. In dieser Arbeit ist es gelungen, Aussagen hinsichtlich der Intensität der Landbewirtschaftung zu machen, deren Grundlage standardisierte Produktionsverfahren sind. Die Festlegung des Anbauumfanges der einzelnen Intensitätsstufen wird mit einer Expertenbefragung und dem vorgestellten Probit-Modell vorgenommen. Der Ansatz lässt sich in dieser Form auch auf andere Untersuchungsgebiete übertragen, sofern die Landwirtschaftliche Vergleichszahl

oder eine vergleichbare Bodenfruchtbarkeitskennzahl vorliegt und zusätzlich auf Expertenwissen zurückgegriffen werden kann.

Insgesamt erweist sich das Modell als ein schlüssiges Analyseinstrument, was mit der Ex-Post-Analyse belegt werden konnte. Die Ex-Post-Analyse wird für beide Howitt-Ansätze durchgeführt und bringt für beide Ansätze zufriedenstellende Werte hervor. Einen weiteren Schwerpunkt bei der Ex-Post-Analyse bildet der Vergleich des Prognoseverhaltens des ertragsseitigen bzw. kostenseitigen Ansatzes von Howitt. In der Literatur werden zwar die unterschiedlichen Szenarioergebnisse beider Ansätze von verschiedenen Autoren bereits intensiv diskutiert, aber eine Überprüfung beider Ansätze in einem realitätsnahen Regionalmodell ist bisher noch nicht vorgenommen worden (KLEINHANS, 2003; RÖHM, 2001; UMSTÄTTER, 1999b). Festzuhalten bleibt, dass beide Prognosefehler nur geringe Unterschiede aufweisen, was die Landnutzung und den berechneten Gesamtdeckungsbeitrag in der Gesamtregion betreffen.

Entsprechend kann keine Kalibrierungsmethode als besserer oder allgemeingültiger Ansatz identifiziert werden. Da aber beide Ansätze nahezu identische Ergebnisse liefern, was die Aktivitäten und die ökonomischen Erfolgsgrößen betrifft, ist es zunächst weitestgehend unerheblich, welcher Ansatz für die Analyse eingesetzt wird. Da beim kostenseitigen Ansatz keine nichtlinearen Nebenbedingungen erforderlich sind, ist der kostenseitige Ansatz einfacher zu implementieren. Ebenso kann eine kostenseitige Kalibrierung für alle Kulturen problemlos vorgenommen werden. Der Einfluss des Aggregationsfehlers auf das Modellergebnis wird deutlich größer eingeschätzt als der Einfluss der Kalibrierungsmethode. Daher scheint es gerechtfertigt zu sein, den kostenseitigen Ansatz für erste Analysen zu verwenden.

Für differenzierte Analysen und Interpretationen ist das Regionshofkonzept auch mit nichtlinearen Funktionen aufgrund der betriebsspezifischen Regelungen in der Agrarpolitik nur eingeschränkt geeignet, da die nichtlinearen Funktionen nicht in der Lage sind, die betriebstypischen Besonderheiten annähernd zu berücksichtigen. Die Methode eignet sich daher nur für eine erste Wirkungsanalyse mit regionalem Bezug. Im Vergleich zu herkömmlichen linearen Programmierungsmodellen liefert dieses nichtlineare Modell plausiblere Ergebnisse.

Ein weiteres Problemfeld stellt die Verteilung und der Ausnutzungsgrad der organischen Düngung dar. Im Modell werden die organischen Düngemittel monetär bewertet und es wird von einer einheitlichen Ausnutzung von des organisch gebunden Stickstoff ausgegangen. Innerhalb der Landkreise kann diese Annahme nicht aufrecht erhalten werden, da es einige intensive Veredlungsregionen gibt, in denen aufgrund des hohen Anfalls von organischem Dünger mit einer schlechteren Ausnutzung zu rechnen ist. Entsprechend wäre eine Weiterentwicklung anzustreben, bei der die regionale Verteilung und die Ausnutzungsgrade organischer Dünger im ökonomischen Regionalmodell besser berücksichtigt werden.

## **6.2 Vergleich der Szenarienergebnisse**

### ***6.2.1 Vergleichende Bewertung der berechneten Szenarienergebnisse***

Das Modell scheint ein geeignetes Analyseinstrument für die Analyse von gemäßigten Szenarien auf Regionsebene zu sein. So lieferten sowohl die Ex-Post-Analyse als auch die Sensitivitätsanalyse plausible Ergebnisse. Das erste Szenario 2005, in dem der letzte Schritt der Agenda 2000 ökonomisch analysiert wird, ist nachvollziehbar. Auch hier bleibt die Änderung innerhalb der Erwartungen. Das zweite Szenario, in dem die Prämien entkoppelt werden, liefert deutliche Änderungen im Vergleich zum Szenario 1 (Fortführung der Agenda). So wird sowohl die Rindermast als auch die Mutterkuhhaltung deutlich eingeschränkt. Über 70 % der Rindermastkapazitäten werden abgebaut, in der Mutterkuhhaltung über 80 %. Eine Entkopplung führt daher vor allem in intensiven Bullenmastgebieten zu einer deutlichen Reduktion der Bullenmast. Diese Ergebnisse sind plausibel, jedoch ist die Höhe der Änderung zu hinterfragen. Hier ist zu berücksichtigen, dass die Prämien im Modell nicht auf Betriebsebene umgelegt werden, sondern auf Landkreisebene. Daher wird davon ausgegangen, dass die Auswirkungen auf die Rindermast mit Sicherheit überschätzt werden. Die Gründe für diese Annahme werden nicht in der nichtlinearen Formulierung der Zielfunktion gesehen. So werden im Szenario 2 über 50 % der Tierbestände abgebaut. Im Modell ist, sieht man von den erhöhten Kosten durch die Kalibrierung ab, eine einfache Anpassung an die veränderten Rahmenbedingunge möglich. In der Realität muss davon ausgegangen werden, dass die versunkenen Kosten bei einer Umorganisation von Rindermastbetrieben auf andere Produktionszweige zu deutlich höheren Kosten führen werden. Ebenfalls erhalten die

Rindermastbetriebe höhere Prämienleistungen, aufgrund derer die Landwirte in der Lage sind, die Rindermast zunächst fortzuführen.

Ein weiteres Argument aus der Markttheorie, das für eine geringere Reduzierung der Mastrinderbestände spricht, ist das mengenmäßige Angebot und die Nachfrage nach Kälbern für die Mast. So können durch den deutlichen Bestandsabbau etwa ein Drittel der Kälber, die bisher im Untersuchungsgebiet gemästet werden, nicht mehr abgesetzt werden. Entsprechend ist eine Preissenkung für das Jungvieh für die Mast zu erwarten. Die Preissenkung für Jungrinder würde die Wirtschaftlichkeit der Rindermast wieder verbessern, was die Reduktion der Rindermastbestände verringern würde.

Auch in der Landnutzung zeigen sich insbesondere in den Rindermastregionen deutliche Effekte. So nimmt der Anteil der Stilllegungsfläche deutlich zu, während der Silomaisanbau eingeschränkt wird. Dennoch sollte die Höhe der Änderung kritisch hinterfragt werden. Ebenso ist davon auszugehen, dass nicht so viele Flächen in den Bullenmastgebieten stillgelegt werden, da die Betriebsleiter, sofern es für sie rentabel ist, auf andere Kulturen ausweichen werden. Insbesondere der Winterrapsanbau scheint für diese Gebiete eine Alternative darzustellen, da er nach den statistischen Angaben gute Erträge in diesen Regionen liefert. Nur die Kalibrierungsmethode bzw. die nichtlineare Deckungsbeitragsfunktion verhindert eine Ausdehnung des Rapsanbaues.

Die Entkopplung der Prämien führt zu deutlichen Änderungen in der Rinderhaltung, während die Entkopplung auf die Produktionsmenge von Getreide deutlich geringere Effekte hat. Die Entkopplung führt zwar zu einem Rückgang der Produktionsmenge für viele Getreidearten, aber die Reduktion fällt bei weitem nicht so deutlich wie in der Rindermast aus. Die Produktionsmengen der Getreidearten und Rindfleischerzeugung sind für alle drei Szenarien in der Tabelle 28 aufgeführt.

**Tabelle 28: Produktionsmengenwirkung der Entkopplung und Prämiensenkung**

|                             | Jahr 2005                  |       |                                   |         | Jahr 2010                       |         |
|-----------------------------|----------------------------|-------|-----------------------------------|---------|---------------------------------|---------|
|                             | Szenario 1:<br>Agenda 2000 |       | Szenario 2:<br>Prämienentkopplung |         | Szenario 3:<br>Reformvorschläge |         |
| Weizen                      | 2.952.820 t                | 100 % | 2.581.477 t                       | 87,4 %  | 2.745.039 t                     | 92,7 %  |
| Körner-<br>leguminosen      | 47.367 t                   | 100 % | 42.868 t                          | 90,5 %  | 37.426 t                        | 79,0 %  |
| Futtergerste                | 1.380.108 t                | 100 % | 1.088.269 t                       | 78,9 %  | 1.293.897 t                     | 93,8 %  |
| Ölsaaten                    | 168.804 t                  | 100 % | 216.564 t                         | 128,3 % | 230.900 t                       | 106,6 % |
| Körnermais                  | 527.378 t                  | 100 % | 382.076 t                         | 72,5 %  | 497.515 t                       | 94,3 %  |
| Triticale                   | 280.176 t                  | 100 % | 226.445 t                         | 80,8 %  | 282.700 t                       | 100,9 % |
| Braugerste                  | 707.216 t                  | 100 % | 662.128 t                         | 93,6 %  | 769.178 t                       | 108,7 % |
| Hafer                       | 490.531 t                  | 100 % | 453.216 t                         | 92,4 %  | 476.398 t                       | 97,1 %  |
| Roggen                      | 249.211 t                  | 100 % | 227.285 t                         | 91,2 %  | 240.476 t                       | 96,5 %  |
|                             |                            |       |                                   |         |                                 |         |
| Schlachtrinder<br>insgesamt | 843.433 Tiere              | 100 % | 571.679 Tiere                     | 67,8 %  | 656.751 Tiere                   | 77,8 %  |
| Färsen und Bullen           | 469.803 Tiere              | 100 % | 204.541 Tiere                     | 43,5 %  | 306.872 Tiere                   | 65,3 %  |
| Altkühe                     | 373.630 Tiere              | 100 % | 367.138 Tiere                     | 98,3 %  | 349.879 Tiere                   | 93,6 %  |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

Im Getreideanbau sind die Auswirkungen auf die Produktionsmengen nicht so bedeutend, wie aus der Zunahme der Flächenstilllegung in den Entkopplungsszenarien zunächst angenommen werden könnte. Dies liegt daran, dass vor allem Standorte mit schlechten agronomischen Eigenschaften und unterdurchschnittlichen Naturalerträgen aus der Produktion genommen werden. Ebenso wird im Szenario 3 der Getreideanbau in den besseren Ackerbaugebieten intensiviert. Diese beiden Aspekte führen letztendlich zu einem deutlich geringeren Rückgang der Getreideproduktion. Die Produktionsmenge für Weizen und Wintergerste vermindert sich gegenüber der Fortführung der Agenda 2000 um ca. 8 %. Relativ stabil bleibt die Produktionsmenge für Roggen und Hafer. Beide Getreidearten sind vor allem in Gebieten von Bedeutung, bei denen schlechte agronomische Standorte den wirtschaftlichen Anbau von Weizen oder Gerste nicht ermöglichen. Die Braugerstenproduktion ist die einzige Getreideart, die im Szenario 3 eine Steigerung erfährt. Dies liegt daran, dass sich der Braugerstenanbau in diesem Szenario ausdehnen kann. Die Steigerung der Ölsaatenproduktion bei beiden Entkopplungsszenarien kann auf die Preissteigerungen für Raps zurückgeführt werden. Ein weiterer Grund für die Ausdehnung des Rapsanbaues ist die Verminderung der Silomaisfläche in den Rindermastregionen.

### ***6.2.2 Vergleich der berechneten Szenarioergebnissen mit Berechnungen anderer Arbeitsgruppen***

Die vorgelegten Szenarien zeigen, dass die Reformvorschläge der Europäischen Kommission große Auswirkungen auf die Landwirtschaft im Untersuchungsgebiet haben. Um die Modellergebnisse besser einordnen zu können, werden sie mit den Ergebnissen der Modellanalysen der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie e.V. (FAA), die ebenfalls zu den Auswirkungen der Kommissionsvorschläge im Rahmen der Halbzeitbewertung der Agenda 2000 Berechnungen angestellt haben, verglichen (BERTELSMEIER ET AL., 2002). Die in den Modellanalysen zugrundegelegten Annahmen sind mit den in den Szenarien festgelegten Rahmenbedingungen vergleichbar. Leider sind die Ergebnisse nicht in dem erforderlichen Maße räumlich disaggregiert worden. Die Ergebnisse liegen nur für das gesamte Bundesgebiet oder für die vier gebildeten Untersuchungsregionen (Nord, Mitte, Süd und Ost) vor, weshalb ein Vergleich nur eingeschränkt möglich ist.

Nach den Berechnungen der FAA wird in Deutschland die Flächenstilllegung um 11 % ausgedehnt. Im Bereich des Getreideanbaus wird ein Rückgang um 6,5 % verzeichnet, während die Produktionsmenge nur um 6 % zurückgeht. Ein geringerer Rückgang von 3,5 % ist bei der Rapsanbaufläche zu verzeichnen. Im Bereich des Ackerfutteranbaues ist eine Ausdehnung des Kleegrasanbaues zu Lasten des Silomaisanbaues festzustellen. Insgesamt wird der Silomaisanbau um 12 % reduziert. In den Modellanalysen wird ebenfalls ein Teil des Grünlandes extensiviert.

Bei einer Entkopplung der Tierprämien sind in den Modellanalysen der FAA ebenfalls deutliche Auswirkungen aufgetreten. Insgesamt nimmt die Rindfleischproduktion in der Bundesrepublik um 5,2 % ab. Der Rückgang betrifft vor allem die Mastbullenhaltung, die sich um 9 % vermindert, sowie die Mutterkuhhaltung, die sich um 20 % vermindert.

Für das als Vergleichsbasis relevante Untersuchungsgebiet Süd wird in dem Modellverbund eine Zunahme der Flächenstilllegung um 19 % erwartet. Ebenfalls sind die Auswirkungen auf die Bullenmast drastischer als im Bundesdurchschnitt. Dabei wird vor allem eine Einschränkung der Intensiv-Bullenmast auf Silomaisbasis verzeichnet.

Die Szenarien der Entkopplung des Modellverbundes der FAA weisen große Übereinstimmungen mit den zuvor vorgestellten Szenarien auf. Aus dem Vergleich der Modellergebnisse lässt sich damit folgendes Fazit ableiten: Das vorgestellte Modell scheint den Bestandsabbau der Mastbullenhaltung und Mutterkuhhaltung sowie die Änderung in der Landnutzung plausibel darzustellen. Das Niveau der Änderungen in den einzelnen Regionshöfen sollte mit weiteren Analysen überprüft werden. Ebenso sind die ermittelten Einkommenswirkungen in den Regionshöfen in den Szenarien kritisch zu hinterfragen, da in dem vorgestellten Modell viele Vereinfachungen, insbesondere was die einzelbetrieblichen agrarpolitischen Maßnahmen betreffen, vorgenommen werden mussten.

## 7 Zusammenfassung

Das Ziel der Arbeit ist es, ein agrarökonomisches Regionalmodell zu erstellen, das die Landbewirtschaftung räumlich differenziert für das Einzugsgebiet der Oberen Donau darstellt. Das Modell soll für die Wirkungsanalysen von agrarpolitischen Maßnahmen und zur Abschätzung der Auswirkungen der Klimaveränderung auf die Landnutzung eingesetzt werden. Diese Anforderungen werden seitens des Modellverbundes Glowa-Danubia an das zu erstellende Agrarsektormodell gestellt, um einen Beitrag für den Modellverbund zu leisten. Der Modellverbund setzt sich aus elf Modellen unterschiedlicher Fachdisziplinen zusammen und dient der Analyse von Auswirkungen diverser Global-Change-Szenarien auf den Wasserhaushalt des Flusseinzugsgebietes der Oberen Donau.

Zu Beginn der Arbeit werden die wichtigsten Interaktionen zwischen Landwirtschaft und Wasser erklärt. Die Landwirtschaft ist einer der wenigen Wirtschaftszweige, die nicht nur an das öffentliche Wasserver- und entsorgungssystem angeschlossen sind, sondern auch einen Einfluss auf den Landschaftswasserhaushalt haben. Den Landschaftswasserhaushalt beeinflusst die Landwirtschaft sowohl qualitativ als auch quantitativ durch die Bewirtschaftung der Acker- und Grünlandflächen. So haben viele landwirtschaftliche Tätigkeiten auf dem Feld wie Bodenbearbeitung, Düngung und Pflanzenschutz einen direkten oder indirekten Einfluss auf den Wasserhaushalt. Da mehrere Nutzer um die Nutzung des Wassers mit der Landwirtschaft konkurrieren, treten Interessenskonflikte auf. Wasser stellt außerhalb der Ver- und Entsorgungssysteme ein öffentliches Gut dar. Konsequenterweise müssen politische Rahmenbedingungen geschaffen werden, die eine Übernutzung oder eine nicht zweckgemäße Nutzung verhindern. Die Landwirtschaft ist aus diesem Grunde zur Einhaltung einer ordnungsgemäßen Landbewirtschaftung gesetzlich verpflichtet. Zusätzlich werden der Landwirtschaft zahlreiche Förderprogramme (z.B. MEKA) angeboten, die eine wasserschonende Bewirtschaftung der landwirtschaftlichen Nutzfläche honorieren. Im Untersuchungsgebiet sind die Programme unterschiedlich ausgestaltet, was sowohl die Finanzierung als auch die Art der geförderten Maßnahmen betrifft.

Nachdem die Grenzen und Möglichkeiten der Entscheidungsalternativen der Landwirte dargestellt sind, werden Verknüpfungen des Modells mit dem Gesamtsystem Glowa-Danubia beschrieben und ein modularer Aufbau des Agrarsektormodells als sinnvoll erachtet. Hierbei erweist es sich als erforderlich, die Datengrundlage, das ökonomische

Analyseinstrument, und die Szenarien zu trennen. Da das Modell zur Analyse von politischen Szenarien eingesetzt werden soll, von denen unter anderem Rückschlüsse auf den Faktoreinsatz gezogen werden sollen, ist ein prozessanalytisches Optimierungsmodell ein geeignetes Instrument. Die zur Verfügung stehende Datengrundlage und das Untersuchungsziel des Projektes lassen nach einer Literaturliteraturauswertung über Agrarsektormodelle letztendlich den Schluss zu, einen nichtlinearen prozessanalytischen Optimierungsansatz zu verwenden. Die Positive Quadratische Programmierung stellt sich als die geeignetste Methode zur Bearbeitung der Fragestellung heraus. Im Anschluss daran werden die Methode und die Erweiterungen kurz aufgearbeitet und diskutiert. Ebenso werden die Weiterentwicklungen skizziert. Die abschließende Diskussion führt zum Ergebnis, dass die zwei Ansätze von HOWITT (1995a) in Verbindung mit den Weiterentwicklungen von RÖHM (2001) als erfolgsversprechende Methoden angesehen werden.

Nach der Sichtung der Datengrundlage werden die Produktionsverfahren für das Regionalmodell auf Landkreisebene aufgestellt. In der Pflanzenproduktion werden 19 landwirtschaftliche Kulturen mit zwei Intensitäten regional differenziert definiert. Die Bestimmung der Anbauumfänge von den beiden Intensitäten werden mit einer Expertenbefragung und eines Probit-Modells, das in Abhängigkeit der Landwirtschaftlichen Vergleichszahl den Anbauumfang der extensiven und intensiven Produktionsverfahren bestimmt, durchgeführt. Für die Tierhaltung werden 15 Produktionsverfahren definiert. Im Anschluss werden die prozessanalytischen Verknüpfungen zwischen Tier- und Pflanzenproduktion des linearen Programmierungsmodells erläutert, bevor auf die Kalibrierung des nichtlinearen Modells eingegangen wird. Nach der Kalibrierung werden die Modifikationen des nichtlinearen Modells erläutert. Während bei einer kostenseitigen Kalibrierung keine Restriktionen des prozessanalytischen Ansatzes modifiziert werden müssen, sind einige Nebenbedingungen beim ertragsseitigen Ansatz anzupassen. So sind die Ertragsabnahmen nicht nur in der Zielfunktion, sondern auch bei einigen Nebenbedingungen zu berücksichtigen.

Die mit dem Modell berechneten Ergebnisse werden für das Referenzjahr beschrieben. In der anschließenden Ex-Post-Prognose werden die beiden Kalibrierungsansätze von HOWITT miteinander verglichen. Hierfür wird zuerst ein geeigneter quantitativer Bewertungsmaßstab für die Prognosefehler entwickelt. Sowohl der kostenseitige als auch der ertragsseitige Ansatz von HOWITT zeichnet sich durch geringe Abweichungen bei der

Ex-Post-Prognose aus. Dabei fällt auf, dass beide Ansätze den Anbauumfang einer Kultur jeweils gemeinsam unter- oder überschätzen. Die berechneten Prognosefehler auf Landkreisebene zeigen teilweise deutliche Unterschiede. Eine Systematik, bei der einem Ansatz der Vorzug zu geben ist, kann nicht festgestellt werden. Als letztes werden Varianzanalysen durchgeführt um zu untersuchen, ob die Wahl des Kalibrierungsansatzes eine statistisch signifikante Auswirkung auf den Prognosefehler und den ermittelten Deckungsbeitrag in den Regionshöfen hat. Die Varianzanalyse bestätigt die Kalibrierungsmethode hat keinen signifikanten Einfluss auf die Höhe des Prognosefehlers. Ebenfalls ist der Einfluss des Kalibrierungsansatzes auf die ökonomische Erfolgsgröße in der Ex-Post-Prognose nicht signifikant. Daher wird angenommen, dass die Ergebnisse beider Ansätze vergleichbar sind. Für die Analysen und Szenarien wird der kostenseitige Ansatz verwendet.

Um die Reaktionseigenschaften des Modells abschätzen zu können, werden zwei Sensitivitätsanalysen durchgeführt. In der ersten Sensitivitätsanalyse wird der Weizenpreis variiert. In der zweiten Sensitivitätsanalyse wird die Reaktion des Modells auf eine Begrenzung der Wasserverfügbarkeit sowie die Reaktion bei einer Änderung des Wasserpreises betrachtet. Beide Analysen bestätigen die in der Literatur genannten moderaten Anpassungen und damit realistischen Änderungen des Modells bei veränderten Rahmenbedingungen. Sprunghafte Veränderungen der Ergebnisgrößen treten nicht auf.

Im Anschluß daran werden drei Szenarien vorgestellt und diskutiert. Grundlage der Szenarien bilden die diskutierten Reformvorschläge im Mid-Term-Review der Agenda 2000. Als Referenzszenario wird das Szenario 1 „Fortführung der Agenda 2000 mit kulturartbezogenen Preisausgleichszahlungen“ ausgewählt. Im zweiten Szenario 2005 werden die Prämien entkoppelt und nach den Vorschlägen der EU auf die Fläche umgelegt. Das dritte Szenario untersucht die Konsequenzen der Kommissionsvorschläge für das Jahr 2010. Während sich im Szenario 1 nur geringe Änderungen gegenüber den Ergebnisse für das Jahr 1999 ergeben, zeigen beide Entkopplungsszenarien deutliche Effekte. In beiden Szenarien nimmt der Anteil der Branche deutlich zu. Gleichzeitig werden in allen Regionen die Rindermast und der Silomaisanbau eingeschränkt. Mit dem deutlichen Abbau der Tierbestände geht auch der Anfall an organischem Dünger besonders in Regionen mit intensiver Rindermast deutlich zurück. Eine Entkopplung der Prämien würde daher insbesondere in Regionen mit intensiver Rindermast auf Silomaisbasis einen positiven

Effekt für die Gewässer bringen. Positive Effekte lassen sich auch auf die Einschränkung des erosionsanfälligen Silomaisanbaues und auf den Rückgang von organischem Dünger zurückzuführen.

Abschließend werden nochmals die wesentlichen Ergebnisse aufgegriffen und diskutiert. Als Ergebnis kann festgehalten werden, dass die Positive Quadratische Programmierung mit den Howitt-Ansätzen eine geeignete Alternative zu linearen Programmierungsmodellen für die Analyse von Regionshöfen darstellt. Dennoch können die Aggregationsprobleme, die bei der Bildung von Regionshöfen entstehen, mit der Positiven Quadratischen Programmierung nicht überwunden werden. Die in der Literatur bereits erwähnten Vorteile der Positiven Quadratischen Programmierung treten auch in diesem Modell auf. Weiterer Forschungsbedarf besteht hinsichtlich der aufgestellten These, dass die beiden Ansätze weitestgehend identische Resultate hervorrufen. Zusätzlich wäre zu prüfen, ob eine Kombination des intensitätsabhängigen Ansatzes mit ökonometrischen Verfahren zur Schätzung der nichtlinearen Funktionen sinnvoll ist.

## 8 Summary

This dissertation describes a regionalised non-linear agricultural sector model for the upper danube catchment area. The model is used for simulating and forecasting the impacts of different policies measures and of climate change on farming. The most important task of this model is to fit as a part into the decision-support-system Glowa-Danubia. The main idea of the decision-support-system is, that the impact of the Global-climate change to the water on the upper danubia basin can be shown.

At first the interactions between agriculture and water are defined. One of the results is that agriculture is an economic sector, which has an important influence on the water-household of the landscape. Many agricultural activities, e.g. tillage, fertilisation, plant-protection have a direct or indirect impact on the waterhousehold. Of course there are some conflicts with other users of the water resource. In consequence a lot of laws guarantee the safety of the water resources. The farmers are bound by law to practice the so called “good agricultural practice”. Another possibility for policy to influence farmers is that farmers can take part in agri-environmental programs.

In the second chapter the connections between the agricultural sector model and the other models are defined. A division of the agricultural sector model into three main modules is necessary, that the dates can be transferred automatically. The three modules of the agriculture sector model can be overwritten with data resources, model equations and result tables. A process-analytical optimisation model was used, because with this methodological approach the use of fertiliser and other farm inputs and the level of production can be simulated. In the plant production 19 different crop production activities with two different intensities were defined. The production level of each crop was defined by using expert interviews with a Probit-Model. The Probit-Model calculates independent of the “Landwirtschaftliche Vergleichszahl” (a relative number, which indicates the agronomy quality of soils) in order to define the extent of both intensities. In the animal production 15 different production systems are defined. The constraints and the calibration of the non-linear gross margin function are discussed after the definition of the production activities. Some constraints, for example the crop rotation constraint, are not necessary in the non-linear model.

The reference situation is the year 1995. The first simulation shows the results for the year 1999. In the Ex-post-analysis from this year both different Howitt-methods, the cost side specification and the yield side specification of the non-linear gross margin function, get compared. Both methods calculate nearly the same results, the forecast of the production activity levels and the gross margins are nearly the same. For the total research area both methods either over- or underestimate the production activity levels for the same crop. If the forecast results are compared by district the forecasting accuracies were different. A system, that one method is better than the other method, can not be found. For the simulation of the scenarios the cost side specification was used.

In the first scenario the year 2008 under the conditions of the agenda 2000 was calculated. The production levels are nearly the same as in the reference year. The consequences of the mid term review of the European Commission are forecasted in the two other scenarios. The conditions under mid term review have a big impact on agriculture, because of the decoupling of the agricultural subsidies from the products. In both scenarios, the cattle meat production decreases. The same results can be shown with the reduction of silo maize and of grassland. On the other side set aside arises in all districts. Positive for the water resources are the reduction of nitrogen load from organic manure.

One of the main conclusions is that the positive quadratic programming is an alternative to the linear models for analysis of farms by district level. Of course the aggregation mistake from the aggregation of different farm types to one big district farm can not be carried out. But the positive aspects of the PQP, which are described in literature, can be permitted. A further research theme, which is not answered in this thesis is the combination of the non-linear gross margin with useful econometric methods.

Literaturverzeichnis

- AGRA-EUROPE** (2003): *Landwirtschaft und Pflanzenschutz-Industrie kooperieren beim Gewässerschutz*, Agra-Europe **03**(11): Länderberichte 1-28.
- AGRA-EUROPE** (2000a): *Weißbuch der EU-Kommission zur Umwelthaftung Agra-Europe*, **00**(17): Sonderbeilage 1.
- AGRA-EUROPE** (2000b): *Zusätzliche Kontrollen zur Einhaltung der guten fachlichen Praxis*, Agra-Europe **00**(25): Länderberichte 31.
- AUERSWALD, K. UND J. HAIDER** (1992): *Eintrag von Agrochemikalien in Oberflächengewässer durch Bodenerosion*, Zeitschrift für Kulturtechnik und Landentwicklung **33**, 222-229.
- BALMANN, A. UND K. HAPPE** (2001): *Agentenbasierte Politik- und Sektoranalyse – Perspektiven und Herausforderungen*, Agrarwirtschaft **50**(8): 505-516.
- BARETH, G. UND E. ANGENENDT** (2003): *Ökonomisch-ökologische Modellierung von klimarelevanten Emissionen aus der Landwirtschaft auf regionaler Ebene*, Berichte über Landwirtschaft **81** (1): 29-56.
- BARTMANN, H.** (1996): *Umweltökonomie - ökologische Ökonomie*, Stuttgart: Kohlhammer-Verlag.
- BAUDOUX, P.** (2000): *Ökonomische und ökologische Wirkungen von Agrarumweltprogrammen*, Dissertation Universität Hohenheim. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- BAUER, S.** (1986): *Zur Analyse von Allokations- und Verteilungsproblemen im Agrarbereich: Theorie, Methoden und empirische Forschung*, Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.
- BAUERSACHS, F. UND J. NIEBURG** (1979): *Anwendung von QUISS zur Analyse und Projektion sektoraler und regionaler Strukturen*, In: F. Bauersachs und W. Henrichsmeyer (Hrsg.), Beiträge zur quantitativen Sektor- und Regionalanalyse im Agrarbereich. Agrarwirtschaft Sonderheft 80 Band 1. Hannover: Strothe Verlag.
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR WASSERWIRTSCHAFT** (2001): *Nitratbericht Bayern* (Berichtsjahre 1996-1999).
- BBV-COMPUTERDIENST** (1997): *Sonderheft - Düngeverordnung und Nährstoffvergleich*, München: BLV-Verlag.
- BEHREND, H., M. KORNMILCH, D. OPITZ, O. SCHOLL, G. SCHOLZ UND R. UEBE** (1999): *Nährstoffbilanzierung der Flussgebiete Deutschlands*, In: Umweltbundesamt (Hrsg.), Texte 75/99.

- BERGER, T.** (2000): *Agentenbasierte räumliche Simulationsmodelle in der Landwirtschaft*, Agrarwirtschaft Sonderheft 168. Dissertation: Universität Göttingen. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- BERTELSMEYER, M., H. GÖMANN, W. KLEINHANß, P. KREINS, D. MANEGOLD UND F. OFFERMANN** (2002): *Modellanalysen zu den Auswirkungen der KOM-Vorschläge im Rahmen der Halbzeitbewertung der Agenda 2000*.
- BETLEM, I.** (1997): *Gewässerbewirtschaftung auf der Grundlage von Flusseinzugsgebieten*, In: R.A. Krämer und F.N. Correia (Hrsg.), Eurowater Band 2: Dimensionen Europäischer Wasserpolitik. Berlin: Springer Verlag.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (1985-1995): *Statistische Monatsberichte des BML*. Reihe BML Daten-Analysen.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2000): *Agenda 2000 – Pflanzlicher Bereich, Agrarumweltmaßnahmen*.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2002): *Statistische Monatsberichte des BML*. Reihe BML Daten-Analysen.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (1995): *Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz*.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (1998): *Gute fachliche Praxis im Pflanzenschutz*.
- BML (BUNDESMINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG, LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (1999): *Gute fachliche Praxis der landwirtschaftlichen Bodennutzung*.
- BÖHM H.-R.** (1992): *Wasser als Umweltmedium: Eine Einführung*, In: H.R. Böhm und M. Deneke (Hrsg.), Wasser: Eine Einführung in die Umweltwissenschaften. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- BÖHM, E., T. ILLENBRAND, J. LIEBERT, J. SCHLEICH UND R. WALZ** (2002): *Kosten-Wirksamkeitsanalyse von nachhaltigen Maßnahmen im Gewässerschutz*, In: Umweltbundesamt (Hrsg.), Texte 12/02.
- BR-ONLINE** (2003): *Wenn Wasser zur Mangelware wird*, Internet: [www.br-online.de/umweltgesundheit/unserland/umwelt\\_artenschutz/klima\\_gewaesser/grundwasser.shtml](http://www.br-online.de/umweltgesundheit/unserland/umwelt_artenschutz/klima_gewaesser/grundwasser.shtml)
- BRENK, CH. UND W. WERNER** (1997): *Regionalisierte und einzelbetriebliche Nährstoffbilanzierung als Informationsgrundlage zur gezielten Quantifizierung der Wirkungspotentiale von Maßnahmen zur Vermeidung auftretender Überschüsse*, Forschungsberichte 46. Universität Bonn.

- BRITZ, W.** (1994): *Entwicklung und Anwendung agrarsektoraler Politikinformationssysteme*, Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik Band 12. Dissertation: Universität Bonn. Witterschlick: Wehle Verlag.
- BROOKE, A., D. KENDRICK, A. MEERAUS, R. RAMAN** (1998) *GAMS – A Users Guide*, GAMS Development Corporation.
- BSTMLF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (1998): *Agrarbericht 1998*.
- BSTMLF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2002): *Agrarbericht 2002*.
- BSTMLF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2000): *Kulturlandschaftsprogramm – Teil A - Auszahlung*
- BSTMLF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2001): „Die bayerische Land- und Forstwirtschaft und die Agenda 21“, Internet: [http://stmelf.bayern.de/publikationen/agenda21/ag\\_21\\_1.html](http://stmelf.bayern.de/publikationen/agenda21/ag_21_1.html).
- BSTMLF (BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT UND FORSTEN)** (2003): *Ausgleich für Landwirte und Waldbesitzer in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten*, Internet: [www.stmlf.bayern.de/lba/wasserschutz/wschutz3.htm](http://www.stmlf.bayern.de/lba/wasserschutz/wschutz3.htm)
- BW AGRAR** (2000): *Gute fachliche Praxis darf nicht ausgehöhlt werden*, BW agrar **2000**(27): 10.
- COASE, R.H.** (1960): *The Problem of Social Cost*, The Journal of Law and Economics (3): 1-44.
- CYPRIS, C.** (2000): *Positive Mathematische Programmierung (PMP) im Agrarsektormodell RAUMIS*, Schriftenreihe der Forschungsgesellschaft für Agrarpolitik und Agrarsoziologie, Band 313. Dissertation Universität Bonn.
- DABBERT, S.** (1992): *Ökonomik der Bodenfruchtbarkeit*, Stuttgart: Ulmer-Verlag.
- DABBERT, S. UND H. KÄCHELE** (1995): *Ökonomisches Regionalmodell*, In: H.-R. Bork, C. Dalchow, H. Kächele, H.-P. Piorr u. K.-O. Wenkel (Hrsg.), *Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland*. Berlin: Ernst Verlag.
- DABBERT, S., H.G. FREDE, S. SPRENGER, N. FELDWISCH UND B. KILIAN** (1999): *Pragmatische Empfehlungen*, In: H.G. Frede und S. Dabbert (Hrsg.), *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. 2., korrigierte Auflage. Landsberg: ecomed-Verlag.
- DABBERT, S., S. HERRMANN, G. KAULE UND R. MÖVIUS** (1999): *Das GIS als Instrument interdisziplinärer Landschaftsmodellierung*, In: E. Berg, W. Henrichsmeyer und G.

- Schiefer (Hrsg.), *Agrarwirtschaft in der Informationsgesellschaft*. Schriften der GEWISOLA Band 35.
- DABBERT, S., S. HERRMANN, T. WINTER UND T. VOGEL** (2003): *Sozioökonomische Analyse und Modellierung von Wassernutzung und Landnutzung durch Landwirtschaft*, Internet: /www.uni-hohenheim.de/~i410a/glowa/methoden.shtml
- DABBERT, S. UND T. WINTER** (2000): *Ökonomische Auswirkungen der Gewässerunterhaltung auf die land- und forstwirtschaftlichen Betriebe*, Vortrag bei einer Veranstaltung am 17. und 18. November 2000 der August-Bier-Stiftung und des ZALF in Breeskow zum Thema: Gewässerunterhaltung in Brandenburg - Beurteilung aus hydrologischer, ökologischer, ökonomischer und rechtswissenschaftlicher Sicht.
- DAY, R. H.** (1963): *On Aggregating on Linear Programming Models of Production*, *Journal of Farm Economics*, **45**(4): 797-813.
- DE HAEN, HARTWIG** (1971): *Dynamisches Regionalmodell der Produktion und Investition in der Landwirtschaft*, *Agrarwirtschaft Sonderheft 43*. Dissertation: Hannover: Strothe Verlag.
- DEHIO J.** (1993): *Analyse der agrar- und umweltrelevanten Auswirkungen von Auflagen und Steuern im Pflanzenschutzbereich*, *Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik 9*. Dissertation: Universität Bonn. Witterschlick: Wehle Verlag.
- DILLON, J.L. UND R. ANDERSON** (1990): *The Analysis of Response in Crop and Livestock Produktion*, 3. Auflage Oxford: Pergamon Press.
- DIERCKE, C.** (1992): *Weltatlas*, 3. Auflage. Braunschweig: Westermann Schulbuchverlag.
- DOLUSCHITZ, R.** (1992): *Potentialabschätzung in der Pflanzenproduktion und dessen Ausschöpfung bei stärker ökonomisch oder ökologisch ausgerichteter Agrarpolitik*, *Agrarwirtschaft* **41**(7): 187-197.
- ESRI GEOINFORMATIK GMBH** (2000): *ESRI Gemeindegrenzen 2000*
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (1999): *Sonderbericht Nr. 3/98 über die Durchführung seitens der Kommission von Politik und Maßnahmen der EU zur Bekämpfung der Gewässerverschmutzung, zusammen mit den Antworten der Kommission*, Internet: [http://europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/1998/de\\_398Y0618\\_05.html](http://europa.eu.int/eur-lex/de/lif/dat/1998/de_398Y0618_05.html).
- EUROPÄISCHE KOMMISSION** (2002): *Prospects for Agricultural Markets 2002 – 2009*.
- EUROPÄISCHES PARLAMENT UND EUROPÄISCHER RAT** (2000): *Richtlinie 2000/60/EG des vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik*, *Amtsblatt Nr. 327 vom 22.12.2000* 1–73.

- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY** (1999): *Groundwater quality and quantity in Europe*, Environmental assessment report Nr. 3.
- EWERS, H.J. UND C. HASSEL** (2000): *Agrarumweltpolitik nach dem Subsidiaritätsprinzip*, In: H.-J.Ewers und W. Henrichsmeyer (Hrsg.), *Schriften zur Agrarforschung und Agrarpolitik*. Band 2. Berlin: Analytica.
- FAL (BUNDESFORSCHUNGSANSTALT FÜR LANDWIRTSCHAFT)** (2003): *Institute of Market Analysis and Agricultural Trade Policy Modells*, Internet: <http://ma.fal.de/index.htm?page=/modelle.htm>.
- FEHR, G.** (2000): *Nährstoffbilanzen für Flusseinzugsgebiete*, Braunschweig/Wiesbaden: Vieweg-Verlag.
- FELDWISCH, N. UND H.-G. FREDE** (1999a): *Stoffeinträge in Gewässer aus der Landwirtschaft*, In: G. Frede und S. Dabbert (Hrsg.), *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. 2., korrigierte Auflage. Landsberg: ecomed.
- FELDWISCH, N. UND U. SCHULTHEIB** (1999b): *Rechtliche Rahmenbedingungen*, In: H.-G. Frede und S. Dabbert (Hrsg.), *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. 2., korrigierte Auflage. Landsberg: ecomed-Verlag.
- FELDWISCH, N., H.-G. FREDE UND F. HECKER** (1999c): *Verfahren zum Abschätzen der Erosions- und Auswaschungsgefahr*, In: G. Frede und S. Dabbert (Hrsg.), *Handbuch zum Gewässerschutz in der Landwirtschaft*. 2., korrigierte Auflage. Landsberg: ecomed.
- FREDE, H.G. UND M. BACH** (1999): *Wasser – ein Produkt der Landwirtschaft*.
- FRICK, F.** (1996): *Analyse und Entwicklung von Standardproduktionsfunktionstypen in der pflanzlichen Produktion*, *Agrarwirtschaft Sonderheft 153*. Dissertation: Universität Gießen. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- GEISLER, G.** (1988): *Pflanzenbau, ein Lehrbuch – biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*, 2. Auflage. Berlin: Parey-Verlag.
- GRAF, G., R. STRATMANN, M. MENZ UND W. LAUN** (1995): *ZMP Getreide, Ölsaaten und Futtermittel Deutschland, EU, Weltmarkt 1995*, Bonn.
- GROSSKOPF, W.** (1980): *Entwicklung und Stand der Prognose im Agrarbereich Korreferat*, In: Henrichsmeyer, W. (Hrsg.), *Prognose und Prognosekontrolle*. *Schriften der GEWISOLA* Band 17.
- HANF, H.-C.** (1989): *Agricultural Sector Analysis by linear Programming*, Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.

- HAZELL, P. UND R. NORTON** (1986): *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*, New-York: Macmillan Publishing.
- HECKELEI, T.** (1999): *Grundzüge quantitativer Politikinformationssysteme*, Materialien zur gleichnamigen Vorlesung im Sommersemester 1999 in Bonn.
- HECKELEI, T. UND W. BRITZ** (2001): *Concept and Explorative Application of an EU-wide, Regional Agricultural Sector Modell (CAPRI-Project)*, In: T. Heckelei, H.P. Witzke, und W. Henrichsmeyer (Hrsg.), *Agricultural Sector Modelling and Policy Information Systems*. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.
- HECKELEI, T. UND H. WOLFF** (2002): *Ansätze zur (Auf-)lösung eines alten Methodenstreits: ökonometrische Spezifikation von Programmierungsmodellen zur Agrarangebotsanalyse*, In: E. Berg, W. Henrichsmeyer und G. Schiefer (Hrsg.), *Agrarwirtschaft in der Informationsgesellschaft. Schriften der GEWISOLA, Band 35*.
- HENNICKER, R., M. BARTH, A. KRAUS, UND M. LUDWIG** (2003): *An Integrated Simulation System for Global Change Research in the Upper Danube Basin*, First World Congress on Information Technology in Environmental Engineering, ITEE 2003
- HENZE, A.** (1994): *Marktforschung: Grundlage für Marketing und Marktpolitik*, Stuttgart: Ulmer Verlag.
- HERRMANN, S.** (2002): *Ergebnisse der Experteninterviews zur Ermittlung der landwirtschaftlichen Produktionsweisen in den Landkreisen des GLOWA-Projektgebietes*, unveröffentlichtes Manuskript
- HORSCH, H. UND I. RING** (2001): *Naturressourcen und wirtschaftliche Entwicklung: Nutzungskonflikte und Lösungskonzepte*, In: H. Horsch, I. Ring und F. Herzog (Hrsg.), *Nachhaltige Wasserbewirtschaftung und Landnutzung*.
- HOWITT, R. E.** (1995a): *Positive Mathematical Programming*, *American Journal of Agricultural Economics*, **77**(2): 329-342.
- HOWITT, R. E.** (1995b): *A Calibration Method for Agricultural Economic Production Models*, *Journal of Agricultural Economics*, **46**(1): 147-159.
- HOWITT, R. E. UND P. MEAN** (1985): *Positive Programming Models* Working Paper No. 85-10, Department of Agricultural Economics, Davis.
- KÄCHELE, H.** (1999): *Auswirkungen großflächiger Naturschutzprojekte auf die Landwirtschaft – Ökonomische Bewertung der einzelbetrieblichen Konsequenzen am Beispiel des Nationalparks „Unteres Odertal“*, *Agrarwirtschaft Sonderheft 163*. Dissertation: Universität Hohenheim. Bergen/Dumme: Agrimedia.

- KÄCHELE, H. UND S. DABBERT** (1995): *Ökonomisches Regionalmodell*, In: H.-R. Bork, C. Dalchow, H. Kächele, H.-P. Piorr u. K.-O. Wenkel" (Hrsg.), *Agrarlandschaftswandel in Nordost-Deutschland*. Berlin: Ernst Verlag.
- KAULE, G., S. DABBERT, S. HERRMANN UND M. SOMMER** (1999): *Einleitung*, In: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer (Hrsg.), *Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung*. Berlin: Springer Verlag.
- KAZENWADEL, G.** (1999): *Ökonomische ökologische Bewertung von regionalen Agrar- und Umweltprogrammen in der Europäischen Union*, *Agrarwirtschaft Sonderheft* 162. Dissertation Universität Hohenheim. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- KENNEDY P.** (1997): *A Guide To Econometrics*, 4. Auflage, MIT Press, Cambridge (Massachusetts) 1997
- KILIAN, B.** (2000): *Betriebswirtschaftliche Beurteilung von Maßnahmen für einen flächendeckenden Gewässerschutz in der Landwirtschaft*, *Agrarwirtschaft Sonderheft* 165. Dissertation: Universität Hohenheim. Bergen/Dumme: Agrimedia.
- KLEINHANSS, W.** (1986): *Schätzung von Grenzertragsfunktionen des Stickstoffeinsatzes für Getreide, Zuckerrüben und Kartoffeln auf der Basis von Düngungsversuchen*, *Berichte über Landwirtschaft*, **64** (2): 236-268.
- KLEINHANSS, W., B. OSTERBURG, D. MANEGOLD, K. SEIFERT, C. CYPRIS UND P. KREINS** (1998): *Auswirkungen der „Agenda 2000“ auf die deutsche Landwirtschaft eine modellgestützte Politikfolgenabschätzung auf Sektor-, Regions- und Betriebsebene*, *Agrarwirtschaft* **47** (12): 461-470.
- KLEINHANSS, W.** (2003): *Betriebsgestützte Sektormodellierung oder sektorkonsistente Betriebsmodelle – Wohin steuert die Betriebsmodellierung?*, Internet: [www.bal.fal.de/download/betriebsmodellierung.pdf](http://www.bal.fal.de/download/betriebsmodellierung.pdf).
- KLOTZ, F., R. MÜLLER, K. MASTEL, A. MAIER, C., HIMMELHAN UND M. MITSCHKE** (2001): *Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2001 Deckungsbeiträge*, (Hrsg.): Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und ländlicher Räume (LEL): Schwäbisch Gmünd.
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT** (2000): *Weissbuch zur Umwelthaftung*, Internet: [http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/wpr/2000/com2000\\_0066de01.pdf](http://europa.eu.int/eur-lex/de/com/wpr/2000/com2000_0066de01.pdf)
- KOMMISSION DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFT** (2003): *Proposal for a Council Regulation establishing common rules for direct support schemes for producers of certain crops*.

- KOMPETENZNETZWERK DONAU** (2000): *GLOWA-DANUBE – integrative Techniken, Szenarien und Strategien zum Globalen Wandel des Wasserkreislauf am Beispiel des Einzugsgebiet der Oberen Donau.*
- KRAEMER, R. A. UND F. JÄGER** (1997): *Deutschland*, In: F.N. Correia und R. A. Kraemer (Hrsg.), *Eurowater: Institutionen der Wasserwirtschaft in Europa - Länderberichte* Band 1. Berlin: Springer-Verlag.
- KRAYL, E.** (1993): *Strategien zur Verminderung der Stickstoffverluste aus der Landwirtschaft*, Landwirtschaft und Umwelt. Dissertation: Universität Hohenheim. Kiel: Vauk-Verlag.
- KTBL** (1994): *Taschenbuch Landwirtschaft 1994/95*, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KTBL** (1995): *Datensammlung Betriebsplanung 1995/96*, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KTBL** (1997): *Datensammlung Betriebsplanung 1997/98*, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KTBL** (1999): *Datensammlung Betriebsplanung 1999/00*, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KTBL** (1999): *Taschenbuch Landwirtschaft 1999/00*, Münster-Hiltrup: Landwirtschaftsverlag.
- KUHLMANN, F., D. MÖLLER UND B. WEINMANN** (2003): *Modellierung der Landnutzung: Regionshöfe oder Raster-Landschaft?*, Arbeitspapier Universität Gießen.
- KÜBLER, M.** (1997): *Grundwasserschutz und Landbewirtschaftung in Bayern*, Dissertation Technische Universität München.
- LAB (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BODENKULTUR UND PFLANZENBAU)** (2000): *Integrierter Pflanzenbau. Versuchsergebnisse und Beratungshinweise Berichtsjahr 2000.*
- LAMMEL, J.** (1994): *Grundwasserschonender Einsatz mineralischer Stickstoffdüngemittel*, In KTBL (Hrsg.), *Strategien zur Verminderung der Nitratauswaschung in Wasserschutzgebieten*. Arbeitspapier 206.
- LANDESKULTURGESELLSCHAFT** (2002): *Hochwasserschutz durch Landwirtschaft – Projekt Schweigern*, Beitrag für die Exkursion der Bodenspezialisten der Länder.
- LANDESWASSERVERSORGUNG** (2002): *Landeswasserversorgung – Unternehmenspräsentation*, Internet: [www.lw-online.de/downloaddateien/broschueren/LW\\_Unternehmenspr.pdf](http://www.lw-online.de/downloaddateien/broschueren/LW_Unternehmenspr.pdf).

- LANDWIRTSCHAFTSBERATUNG MITTELFRANKEN** (1999): *Deckungsbeiträge, Variable Kosten Akh-Bedarf der wichtigsten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren inkl. Sonderkulturen*, 13. Auflage.
- LAUSCHMANN, E.** (1973): *Grundlagen einer Theorie der Regionalpolitik*, 2. Auflage  
Hannover: Jäncke-Verlag.
- LBA (BAYERISCHE LANDESANSTALT FÜR BETRIEBSWIRTSCHAFT UND AGRARSTRUKTUR)** (2002): *Ausgleich für Landwirte und Waldbesitzer in Wasser- und Heilquellenschutzgebieten*, Internet: [www.stmelf.bayern.de](http://www.stmelf.bayern.de).
- LIEBSCHER H.-J.** (1990): *Allgemeine Hydrologie - Quantitative Hydrologie*, In: Baumgartner, A. u. H.-J. Liebscher (Hrsg.), *Lehrbuch der Hydrologie*, Band 1. 476.
- LINNEMANN, O.** (2001): *Simulation von Entwicklungspfanden landwirtschaftlicher Betriebe in Nordwestpolen unter Berücksichtigung von Transformation und bevorstehendem EU-Beitritt*, Agrarwirtschaft Sonderheft 171. Dissertation: Universität Göttingen. Bergen/Dumme: Agrimedia-Verlag.
- LÖFFLER, K.** (2002): *Anatomie und Physiologie der Haustiere*, 10., akt. u. korr. Auflage.  
Stuttgart: Ulmer Verlag.
- MANEGOLD, D., W. KLEINHANSS, P. KREINS, B. OSTERBURG UND K. SEIFERT** (1999): *Interaktive Anwendung von Markt-, Regional- und Betriebsmodellen zur Beurteilung von Politikalternativen*, In: *Schriften der Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialwissenschaften des Landbaues e.V.*, 35. 147-155.
- MAUSER, W.** (2000): *GLOWA-DANUBE integrative techniques, scenarios and strategies regarding global changes of the water cycle*, Internet: [www.glowa-danube.de/frameset.htm](http://www.glowa-danube.de/frameset.htm)
- MAUSER, W.** (2003): *GLOWA – das Pionierprogramm zur Global Change Forschung*, Internet: [www.unitools.de/nachrichten/id/1156](http://www.unitools.de/nachrichten/id/1156).
- MINISTERIUM FÜR LANDWIRTSCHAFT, NATURSCHUTZ UND UMWELT THÜRINGEN** (2001): *Vorbeugender Hochwasserschutz in Thüringen*.
- MINISTERIUM FÜR UMWELT UND VERKEHR** (1999): *Ministerrat beschließt Novellierung der SchALVO*, Pressemitteilung, 21.12.1999. Internet: [www.baden-wuerttemberg.de/.../detail.php3?id=1576&template=sucherg\\_land\\_detai](http://www.baden-wuerttemberg.de/.../detail.php3?id=1576&template=sucherg_land_detai).
- MINISTERKONFERENZ** (2001): *Handlungsempfehlung der Ministerkonferenz für Raumordnung zum vorbeugenden Hochwasserschutz*.

- MLR (MINISTERIUM FÜR ERNÄHRUNG UND LÄNDLICHEN RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG)** (2001a): *Die neue Schalvo ist in Kraft getreten* Presseinformation 5. März 2001, Internet: <http://www.mlr.baden-wuerttemberg.de/>.
- MLR (MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG)** (2001b): *Maßnahmen- und Entwicklungsplan Ländlicher Raum des Landes Baden-Württemberg*.
- MLR (MINISTERIUM LÄNDLICHER RAUM BADEN-WÜRTTEMBERG)** (2001b): *Richtlinie des Ministeriums Ländlicher Raum zur Förderung landwirtschaftlicher Betriebe in Berggebieten und in bestimmten benachteiligten Gebieten (Ausgleichszulage Landwirtschaft)*, vom 20.12.1999 – Az.: 65-8519.00
- MÖKER, U.-H.** (1993): *Gewässerbelastung durch Agrarstoffe: Rechtliche Standards beim Einsatz von Düngern und Pflanzenschutzmitteln*, Dissertation: Universität Hamburg. Baden-Baden: Nomos-Verlag.
- MÖLLER, D., N. FOHRER UND A. WEBER** (1999): *Methodological Aspects of Integrated Modelling in Land Use Planning*, In: G. Schiefer, R. Helbig und U. Rickert (Hrsg.), *Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control*.
- MÖVIUS, R.** (1999): *Modul zur Übertragung aggregierter Daten in räumliche konkrete Daten*, In: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer (Hrsg.), *Landwirtschaftsmodellierung für die Umweltplanung*. Berlin: Springer Verlag.
- MÜLLER-WEGENER, U., C. EHRIG, B. AHLSDORF UND R. SCHMIDT** (1993): *Pflanzenschutzmitteleinträge in das Grundwasser. Erfassung, Bewertung, Verhinderung*, In: R. Leschber, U. Müller-Wegener und R. Schmidt (Hrsg.), *Boden- und Grundwasserunreinigungen aus Punkt- und Flächenquellen*. Stuttgart: Gustav Fischer Verlag.
- MÜNCHHAUSEN, V. H. UND H. NIEBERG** (1996): *Agrar-Umweltindikatoren: Grundlagen, Verwendungsmöglichkeiten und Ergebnisse einer Expertenbefragung*, In: Deutsche Bundesstiftung Umwelt (Hrsg.), *Umweltverträgliche Pflanzenproduktion*.
- NIEBERG, H.** (1994): *Umweltwirkungen der Agrarproduktion unter dem Einfluß von Betriebsgröße und Erwerbsform*, In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaften Heft 428.
- NOLTING, H.-G.** (1993): *Verbleib von Pflanzenschutzmitteln in Boden, Wasser, Luft*. In: *Nährstoffe und Pflanzenschutzmittel in Agrarökosystemen*, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Angewandte Wissenschaft Heft 426.

- NORTON, R. UND G. W. SCHIEFER** (1980): *Agricultural sector programming models: A review*, European Review of Agricultural Economics **7** (3): 229-264.
- O'CALLAGHAN, J.R.** (1996): *Land Use – The Interaction of economics, ecology and hydrology*, London: Chapman & Hall.
- OHLHOFF, J.** (1987): *Spezialisierung im Ackerbau aus ökonomischer und ökologischer Sicht*, Landwirtschaft und Umwelt. Dissertation: Universität Göttingen.
- ÖNAL, H. UND B.A. MC CARL** (1989): *Aggregation of Heterogeneous firms in Mathematical Programming Models*, European Review of Agricultural Economics. **16** (2): 499-513.
- OSPAR COMMISSION** (2003): *Nutrients in the Convention Area - Inputs of Nitrients into the Convention area*, Internet: [www.ospar.org/documents/dbase/publicaions/p00191\\_Implementation%20of%20PARCOM%20Recs%2088\\_2%20and%2089\\_4.doc](http://www.ospar.org/documents/dbase/publicaions/p00191_Implementation%20of%20PARCOM%20Recs%2088_2%20and%2089_4.doc)
- PAEFFGEN, S.** (1994): *Verfahren der pflanzenbaulichen Produktion in Baden-Württemberg und Modellierung der Agrarproduktion auf Kreisebene*, Dissertation Universität Hohenheim. Wendlingen: Grauer Verlag.
- PARIS, Q.** (1988): *PQP, PMP, Parametric Programming and Comparative Statics*, Chap. 11 in Notes for AE 253. Department of Agricultural Economics, University of California, Davis, USA:
- PARIS, Q. UND R. E. HOWITT** (1998): *An Analysis of Ill-Posed Produktion Problem Using Maximum Entropy*, American Journal of Agriculture Economics **80** (2): 124-138.
- PIGOU, A. C.** (1932): *The Economics of Welfare*, A 4. Auflage. London.
- PIHL, U.** (1998): *Erhebungsuntersuchungen zu Phosphatgehalten, Phosphatsorptionskapazität und relativer Phosphatsättigung der Böden in den veredelungsstarken Regionen von NRW als Prognosekriterien des potentiellen P-Austrags in Drain- und Grundwasser*, Forschungsberichte 64. Bonn.
- RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN** (1991): *Richtlinie 91/676/EWG des Rates vom 12. Dezember 1991 zum Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat aus landwirtschaftlichen Quellen*, Amtsblatt Nr. L 375 vom 31/12/1991 1–8.
- RAT DER EUROPÄISCHEN GEMEINSCHAFTEN** (1992): *Verordnung (EWG) Nr. 2078/92 des Rates vom 30. Juni 1992 für umweltgerechte und den natürlichen Lebensraum schützende landwirtschaftliche Produktionsverfahren*, Amtsblatt Nr. L 215 vom 30/07/1992 85–90.

- RAT DER EUROPÄISCHEN UNION** (1999): *Verordnung (EG) Nr. 1259/1999 des Rates vom 17. Mai 1999 zur Festlegung von Gemeinschaftsregeln fuer Direktzahlungen im Rahmen der Gemeinsamen Agrarpolitik*, Amtsblatt Nr. L 160 vom 26/06/1999 113-118.
- REGIERUNGSPRÄSIDIUM TÜBINGEN** (2001): *Pressemitteilung: Trinkwasser künftig auch aus den Tiefen der Alb*, Internet: [www.rp.baden-wuerttemberg.de/tuebingen/pressemitteilungen/pm\\_2001\\_07\\_27](http://www.rp.baden-wuerttemberg.de/tuebingen/pressemitteilungen/pm_2001_07_27).
- RIESTER, R., S. MARK, T. HOFFMANN, B. JANORSCHKE UND C. BÄGER** (1999): *Agrarmärkte Jahresheft 1999*, Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft mit Landesstelle für landwirtschaftliche Marktkunde.
- RINKE, G.** (1992): *Wasserwirtschaft in der Umweltpolitik*, In: H.R. Böhm und M. Deneke, *Wasser- eine Einführung in die Umweltwissenschaften*. Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft.
- RÖHM, O.** (2001): *Analyse der Produktions- und Einkommenseffekte von Agrarumweltprogrammen unter Verwendung einer weiterentwickelten Form der Positiven Quadratischen Programmierung*, Berichte aus der Agrarwissenschaft. Dissertation: Universität Hohenheim. Aachen: Shaker Verlag.
- RÖHM, O. UND S. DABBERT** (2003): *Integrating Agri-environmental Programs into Regional Production Models: An Extension of Positive Mathematical Programming*, In: *American Journal of Agricultural Economics* **85**(1): 254-265.
- RUDOLPH, M.** (1988): *Ökonomische Analyse von Nutzungskonflikten zwischen Wassergewinnung und landwirtschaftlicher Produktion*, In: H. de Haen (Hrsg.), *Landwirtschaft und Umwelt, Schriften zur Umweltökonomik*. Dissertation: Universität Göttingen. Kiel: Wissenschaftsverlag Vauk.
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN)**(1998): *Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz: Ein Schritt zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung*, Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SAUER, D.** (1970): *Regionales Modell der landwirtschaftlichen Produktion in Niedersachsen*, *Agrarwirtschaft Sonderheft 37*. Hannover: Alfred Strothe Verlag.
- SCHEELE, M.** (1993): *Institutionelle und ökonomische Grundlagen des Natur- und Ressourcenschutzes*, Berlin: Dunker und Humboldt.
- SCHMID, E.** (2001): *Efficient Policy Design to Control Effluents from Agriculture*, Dissertation: Universität Wien.

- SCHMID, W., R. MÜLLER, K. MASTEL, A. MAIER, C., HIMMELHAN UND M. MITSCHKE** (2003): *Kalkulationsdaten Marktfrüchte Ernte 2003 Deckungsbeiträge*, (Hrsg.): Landesanstalt für Entwicklung der Landwirtschaft und ländlicher Räume (LEL): Schwäbisch Gmünd.
- SCHNAPPAUF, W.** (2004): *Der bayerische Weg der Wasserversorgung am Beispiel Unterfranken*. Internet: [www.aktiongrundwasserschutz.de/download/zwischenbilanzredeschnappauf.pdf](http://www.aktiongrundwasserschutz.de/download/zwischenbilanzredeschnappauf.pdf).
- SEGGER, V.** (2004): *GAP-Rechner Baden-Württemberg*, Auswirkungen des Kombimodells auf das Einkommen, Version 2.0, Excel, 08/2004.
- SCHMITZ, H.-J.** (1994): *Entwicklungsperspektiven der Landwirtschaft in den neuen Bundesländern*, Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik 11. Dissertation: Universität Bonn.
- SOKOLNIKOV, M.** (1999): *Strategic Action Plan for the Danube River Basin 1995 - 1999 Revision 1999* Programme Coordination Unit UNDP/GEF Assistance
- SOMMER, H., E. GREUEL UND W. MÜLLER** (1991): *Hygiene der Rinder- und Schweineproduktion*, 2. neubearb. Auflage. Stuttgart: Ulmer Verlag.
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN)** (1996): *Konzepte einer dauerhaft umweltgerechten Nutzung ländlicher Räume*, Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN)** (1998): *Flächendeckend wirksamer Grundwasserschutz: Ein Schritt zur dauerhaft umweltgerechten Entwicklung*, Sondergutachten. Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- SRU (SACHVERSTÄNDIGENRAT FÜR UMWELTFRAGEN)** (2000): *Umweltgutachten 2000 – Schritte in nächste Jahrtausend*, Stuttgart: Metzler-Poeschel.
- STARK, G., J. REISENWEBER, A. RENNER UND S. ZIMMERMANN** (2001): *Marktfruchtbericht Bayern Daten, Fakten, Analysen und Schlagkarteiergebnisse 2000/2001* Bayerische Landesanstalt für Betriebswirtschaft und Agrarstruktur (Hrsg.), Arbeiten der LBA Heft 26, 6. Auflage.
- STATISTISCHES LANDESAMT BAYERN** (2001): *Bodennutzungshaupterhebung 1995, Erträge, Tierhaltung* Auftragsabfrage.
- STATISTISCHES LANDESAMT BAYERN** (2002): *Bodennutzungshaupterhebung 1999, Erträge, Tierhaltung* Auftragsabfrage.
- STATISTISCHES LANDESAMT BADEN-WÜRTTEMBERG** (2001): *Bodennutzungshaupterhebung 1995 und 1999, Erträge, Tierhaltung* Auftragsabfrage.

- SUCCOW, M. UND L. JESCHKE** (1990): *Moore in der Landschaft: Entstehung, Haushalt, Lebenswelt, Verbreitung Nutzung und Erhaltung der Moore*, Frankfurt (Main): Harri Deutsch Verlag.
- TENHUNEN, J.D., R. GEYER, R. VALENTINI, W. MAUSER UND A. CERNUSCA** (1999): *Ecosystem Studies, Land-use Change and Resource Management*, In: J.D. Tenhunen und P. Kabat (Hrsg.), *Integrating Hydrology, Ecosystem Dynamics, and Biogeochemistry in Complex Landscapes*.
- THEIL, H.** (1967): *Economics and Information Theory*, In: *Studies in Mathematical and Managerial Economics*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company.
- TIMMERMANN, F.** (1994): *Umsetzung der SchALVO - Effizienz im Hinblick auf die Verminderung von Nitrateinträgen*, In: KTBL (Hrsg.), *Strategien zur Verminderung der Nitratauswaschung in Wasserschutzgebieten*.
- TONGEREN, VAN F.** (2000): *Perspectives on Modelling EU Agricultural Policies*, *Agrarwirtschaft* **49**(3/4): 157-163.
- UMSTÄTTER, J.** (1999a): *Ökonomisches Regionalmodell*, In: S. Dabbert, S. Herrmann, G. Kaule und M. Sommer (Hrsg.), *Landschaftsmodellierung für die Umweltplanung*. Berlin: Springer Verlag.
- UMSTÄTTER, J.** (1999b): *Calibrating Regional Production Models Using Positive Mathematical Programming*, In: W. Henrichsmeyer (Hrsg.), *Studien zur Agrar- und Umweltpolitik*. Dissertation: Universität-Hohenheim. Aachen: Shaker-Verlag.
- UMWELT** (2001): *Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie in Deutschland*, In: *Umwelt* 2001(4): 250-253.
- UMWELTBUNDESAMT** (2001a): *Wasser - Stoffhaushalt Gewässer - Prioritäre Stoffe*, Internet: [www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/sseidm/ssm121.htm](http://www.umweltbundesamt.de/wasser/themen/stoffhaushalt/sseidm/ssm121.htm).
- UMWELTBUNDESAMT** (2001b): *Klimaschutz 2001: Tatsachen - Risiken - Handlungsmöglichkeiten*, Internet: <http://www.umweltbundesamt.de/uba-info-daten/daten/klimaschutz.htm>.
- VETTER, H. UND G. STEFFENS** (1981): *Belastung von Oberflächenwasser und oberflächennahem Grundwasser durch organische Düngung und Probleme Ihrer Verhinderung*, In: *Agrarspektrum, Landwirtschaft und Wasserhaushalt Band 1*.
- WALLACHER, J.** (1999): *Lebensgrundlage Wasser: dauerhaft umweltgerechte Wassernutzung als globale Herausforderung*, Köln: Kohlhammer.

- WALTER, W.** (1999): *Diffuser Stoffeintrag in Böden und Gewässer*, In: M. Bahadir, H.-J. Collins und B. Hock (Hrsg.), Teubner-Reihe Umwelt.
- WANNINGER, R.** (1999): *Socio-Economic Effects of Water Pollution in the Danube River Basin*.
- WEINGARTEN, P.** (1996): *Grundwasserschutz und Landwirtschaft. Eine quantitative Analyse von Vorsorgestrategien zu Schutz des Grundwassers vor Nitrateinträgen*, In: H. de Haen (Hrsg.), Landwirtschaft und Umwelt, Schriften zur Umweltökonomik.
- WEINMANN, B.** (2002): *Mathematische Konzeption und Implementierung eines Modells zur Simulation regionaler Landnutzungssysteme*, Dissertation: Universität Gießen. Agrarwirtschaft Sonderheft 174. Bergen/Dumme: Agrimedia Verlag.
- WEINS, C.** (2001): *Die ‚gute fachliche Praxis‘: Was sollte Pflicht sein und was Kür bleiben*, In: Der Kritische Agrarbericht 2001. 273-276.
- WEINSCHENCK, G. UND W. HENRICHSMEYER**(1966): *Zur Theorie und Ermittlung des räumlichen Gleichgewichts der landwirtschaftlichen Produktion*, Berichte über Landwirtschaft **44**(2): 201 – 242.
- WEINSCHENCK, G.** (1954): *Beitrag zur Theorie der Produktelastizität im landwirtschaftlichen Betrieb*, Dissertation: Universität Göttingen.
- WENDLAND, F., H. ALBERT, M. BACH UND R. SCHMIDT** (1993): *Atlas zum Nitratstrom in der BRD* Berlin Springer-Verlag.
- WEZEL, T.** (1999): *Europarechtliche Vorgaben Trinkwasserverordnung und Abwasserentsorgung*, In: J. Beudt (Hrsg.) Präventiver Grundwasserschutz und Bodenschutz. Berlin: Springer-Verlag.
- WIEDE, K.** (2000): *Was ist gute fachliche Praxis?*, Neue Landwirtschaft 2000(6): 42-43.
- WIRTSCHAFTS- UND SOZIALAUSSCHUSS** (1999): *Stellungnahme des Wirtschafts- und Sozialausschusses zum Thema „Die vorrangigen Umweltziele für die in der Agenda 2000 vorgesehene multifunktionelle Landwirtschaft“*, In: Amtsblatt der Europäischen Union, C358 68-75.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT BEIM BML** (1992): *Strategien für eine umweltverträgliche Landwirtschaft*, In: Angewandte Wissenschaft, Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten Heft 414.
- WISSENSCHAFTLICHER BEIRAT DES BML** (1993): *Reduzierung der Stickstoffemissionen der Landwirtschaft*, In: Schriftenreihe des Bundesministeriums für Ernährung (Hrsg.), Landwirtschaft und Forsten Angewandte Wissenschaft Heft 423.

- WOEHRMANN, E.** (1954): *Der landwirtschaftliche Betrieb im Preis- und Kostengleichgewicht*, In: Handbuch der Landwirtschaft Band 5.
- WOHLRAB, B., H. ERNSTBERGER, A. MEUSER UND V. SOKOLLEK** (1992): *Landschaftswasserhaushalt*, Hamburg Berlin: Parey Verlag.
- WOLFGARTEN, H.** (1991): *Ein mittelfristiges Prognose- und Simulationsmodell für die Entwicklung von Produktion und Wertschöpfung in den Agrarsektoren der Europäischen Gemeinschaft*, Studien zur Wirtschafts- und Agrarpolitik 2. Dissertation Universität Bonn.
- ZEDDIES, J, P. BAUDOUX UND H. KROLL** (2000): *Agrarumweltpolitik nach dem Subsidiaritätsprinzip*, Schriften zur Agrarforschung und Agrarpolitik 5.
- ZEDDIES, J., KAZENWADEL, G. UND K. LÖHE** (1997): *Auswirkungen einer Steuer auf mineralische Stickstoffdünger*, *Agrarwirtschaft* **46**(6): 214-224.
- ZWECKVERBAND LANDESWASSERVERSORGUNG** (2001): *Versorgungsgebiet der Landeswasserversorgung*, Internet: <http://www.lw-online.de/>.

Alle aus dem Internet zitierten Quellen dieser Arbeit können auf Anfrage beim Autor eingesehen werden

Anhang

**Tabelle A.I: Umfang wichtiger Tierproduktionsverfahren in den Landkreisen des Untersuchungsgebiete im Jahr 1995**

| Landkreis                               | Kälber | Zuchtfärsen | Mastrinder | Milchkühe | Zucht-sauen | Mast-schweine | Geflügel  |
|---|--------|-------------|------------|-----------|-------------|---------------|-----------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |        |             |            |           |             |               |           |
| AN                                      | 15.141 | 31.901      | 43.399     | 55.227    | 22.013      | 88.817        | 295.493   |
| WUG                                     | 7.442  | 12.977      | 18.281     | 23.018    | 7.901       | 46.221        | 56.921    |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |        |             |            |           |             |               |           |
| DEG                                     | 4.167  | 6.971       | 13.925     | 13.113    | 6.404       | 27.696        | 461.070   |
| DGF                                     | 7.812  | 5.157       | 25.394     | 9.918     | 17.680      | 89.975        | 610.424   |
| FRG                                     | 2.734  | 11.141      | 3.669      | 21.381    | 104         | 1.340         | 44.477    |
| KEL                                     | 3.801  | 5.433       | 12.854     | 10.392    | 16.027      | 57.246        | 142.708   |
| LA                                      | 13.470 | 15.187      | 45.186     | 27.806    | 32.626      | 163.194       | 351.499   |
| PA                                      | 8.690  | 21.624      | 23.020     | 41.292    | 29.433      | 219.945       | 235.418   |
| PAN                                     | 19.441 | 25.234      | 49.867     | 48.225    | 10.408      | 60.859        | 724.699   |
| REG                                     | 3.782  | 9.648       | 3.974      | 18.451    | 297         | 1.027         | 25.108    |
| SR                                      | 4.232  | 10.720      | 11.019     | 20.650    | 20.589      | 32.003        | 1.296.507 |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |        |             |            |           |             |               |           |
| AO                                      | 8.824  | 13.545      | 13.335     | 22.154    | 2.667       | 17.267        | 259.957   |
| BGL                                     | 2.514  | 10.066      | 3.492      | 15.598    | 230         | 988           | 9.413     |
| DAH                                     | 6.481  | 8.636       | 17.919     | 14.485    | 2.514       | 14.568        | 64.948    |
| EBE                                     | 5.387  | 11.722      | 4.914      | 20.272    | 621         | 6.917         | 43.032    |
| ED                                      | 13.415 | 19.587      | 45.924     | 35.330    | 7.128       | 35.321        | 270.253   |
| EI                                      | 3.553  | 8.396       | 8.182      | 14.293    | 7.085       | 41.036        | 66.987    |
| FFB                                     | 3.261  | 4.253       | 11.299     | 6.757     | 686         | 8.828         | 39.823    |
| FS                                      | 5.342  | 8.675       | 17.803     | 15.660    | 8.811       | 26.234        | 71.640    |
| GAP                                     | 1.325  | 5.338       | 1.273      | 7.673     | 55          | 166           | 3.437     |
| LL                                      | 5.506  | 13.614      | 14.223     | 24.508    | 700         | 6.996         | 32.177    |
| M                                       | 1.277  | 1.992       | 4.281      | 3.762     | 386         | 1.585         | 11.033    |
| MB                                      | 2.358  | 10.846      | 1.143      | 19.872    | 33          | 940           | 27.166    |
| MU                                      | 10.359 | 23.494      | 28.699     | 38.493    | 5.351       | 19.799        | 280.434   |
| ND                                      | 4.589  | 8.572       | 10.662     | 16.587    | 6.956       | 13.936        | 49.728    |
| PAF                                     | 2.819  | 6.395       | 7.944      | 12.042    | 12.647      | 22.591        | 67.899    |
| RO                                      | 9.740  | 42.642      | 10.523     | 66.327    | 1.031       | 6.854         | 211.864   |
| STA                                     | 1.319  | 3.829       | 2.825      | 6.090     | 50          | 2.759         | 14.211    |
| TIL                                     | 3.101  | 13.540      | 2.420      | 20.758    | 198         | 450           | 16.540    |
| TS                                      | 12.236 | 37.395      | 17.292     | 54.742    | 2.730       | 22.931        | 113.922   |
| WM                                      | 6.275  | 23.464      | 5.780      | 40.853    | 178         | 897           | 127.686   |

| Landkreis                                      | Kälber | Zuchtfärsen | Mastrinder | Milchkühe | Zucht-sauen | Mast-schweine | Geflügel  |
|--|--------|-------------|------------|-----------|-------------|---------------|-----------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |        |             |            |           |             |               |           |
| AS   | 5.030  | 14.043      | 11.745     | 24.573    | 6.292       | 31.527        | 42.375    |
| CHA  | 11.747 | 24.927      | 22.370     | 46.706    | 2.479       | 12.396        | 92.590    |
| NEW  | 6.193  | 16.803      | 11.270     | 28.458    | 3.193       | 17.515        | 34.500    |
| NM   | 5.680  | 16.026      | 13.130     | 27.411    | 5.122       | 33.608        | 494.697   |
| R  | 5.287  | 9.901       | 15.767     | 19.233    | 6.221       | 20.297        | 1.151.136 |
| SAD  | 6.997  | 16.956      | 18.150     | 30.532    | 5.869       | 27.588        | 743.041   |
| TIR  | 6.803  | 14.982      | 11.082     | 23.761    | 4.634       | 22.158        | 67.637    |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |        |             |            |           |             |               |           |
| A  | 6.895  | 16.819      | 11.094     | 32.625    | 4.253       | 33.635        | 149.406   |
| AIC  | 7.449  | 11.110      | 24.053     | 20.216    | 10.601      | 54.828        | 66.433    |
| DLG  | 7.681  | 9.983       | 23.517     | 17.987    | 9.493       | 50.121        | 70.220    |
| DON  | 11.508 | 14.936      | 35.703     | 28.057    | 24.358      | 105.047       | 101.361   |
| GZ   | 6.662  | 13.656      | 15.464     | 26.759    | 3.279       | 19.458        | 50.641    |
| MN   | 13.096 | 44.523      | 10.128     | 87.464    | 2.069       | 18.377        | 112.002   |
| NU   | 3.806  | 7.140       | 9.527      | 13.421    | 2.177       | 15.202        | 60.902    |
| OA   | 5.945  | 27.462      | 2.391      | 48.797    | 627         | 4.106         | 26.293    |
| OAL  | 10.290 | 41.476      | 4.306      | 78.478    | 1.189       | 8.601         | 36.783    |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |        |             |            |           |             |               |           |
| TUT  | 2.390  | 3.930       | 5.768      | 6.478     | 893         | 4.481         | 4.283     |
| VS   | 4.477  | 8.613       | 9.172      | 15.464    | 2.818       | 10.711        | 15.459    |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |        |             |            |           |             |               |           |
| AA   | 8.539  | 18.391      | 24.515     | 33.547    | 19.687      | 25.488        | 103.497   |
| HDH  | 2.686  | 6.373       | 6.663      | 10.361    | 6.352       | 17.700        | 16.614    |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |        |             |            |           |             |               |           |
| BC   | 12.066 | 25.841      | 23.124     | 45.637    | 24.057      | 49.750        | 337.579   |
| BL   | 1.737  | 2.724       | 4.644      | 4.359     | 655         | 6.292         | 11.885    |
| RT   | 4.390  | 7.009       | 11.964     | 12.856    | 4.796       | 11.549        | 15.538    |
| RV   | 12.842 | 43.183      | 11.516     | 85.362    | 10.832      | 19.298        | 104.074   |
| SIG  | 5.669  | 10.855      | 10.626     | 19.834    | 13.939      | 33.629        | 122.954   |
| UL   | 8.074  | 15.172      | 15.370     | 27.945    | 37.524      | 74.865        | 370.835   |

Quelle: Statistisches Landesamt Bayern (2001) und Statistisches Landesamt Baden-Württemberg (2000)

**Tabelle A.II: Landnutzung der landwirtschaftlichen Nutzfläche in den Landkreisen des Untersuchungsgebietes (ha) im Jahr 1995**

| Landkreis                               | Grünland | Ackerland | Weizen | Sonstiges Getreide | Hackfrüchte | Ölsaaten | Ackerfutter |
|---|----------|-----------|--------|--------------------|-------------|----------|-------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |          |           |        |                    |             |          |             |
| AN                                      | 40.543   | 79.050    | 14.429 | 34.460             | 2.276       | 5.677    | 18.105      |
| WUG                                     | 15.724   | 33.507    | 7.537  | 13.273             | 586         | 2.676    | 7.735       |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |          |           |        |                    |             |          |             |
| DEG                                     | 5.771    | 36.351    | 8.774  | 11.059             | 7.794       | 192      | 5.730       |
| DGF                                     | 12.318   | 51.126    | 15.562 | 15.409             | 6.088       | 1.680    | 6.989       |
| FRG                                     | 19.825   | 6.477     | 261    | 2.185              | 119         | 0        | 3.869       |
| KEL                                     | 28.098   | 43.735    | 8.790  | 13.347             | 2.088       | 3.588    | 5.336       |
| LA                                      | 4.480    | 80.179    | 23.538 | 23.270             | 2.379       | 7.275    | 17.137      |
| PA                                      | 56.736   | 59.983    | 10.042 | 29.257             | 816         | 2.052    | 14.061      |
| PAN                                     | 58.821   | 57.282    | 12.523 | 17.695             | 87          | 1.956    | 21.548      |
| REG                                     | 7.610    | 4.203     | 175    | 1.177              | 29          | 4        | 2.795       |
| SR                                      | 9.734    | 60.023    | 17.507 | 15.027             | 15.757      | 1.059    | 6.732       |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |          |           |        |                    |             |          |             |
| AO                                      | 10.242   | 22.403    | 4.922  | 6.632              | 142         | 990      | 8.471       |
| BGL                                     | 17.658   | 3.626     | 410    | 466                | 12          | 0        | 2.636       |
| DAH                                     | 6.642    | 31.655    | 9.348  | 8.935              | 1.758       | 1.967    | 7.327       |
| EBE                                     | 12.318   | 15.525    | 2.416  | 4.584              | 1.281       | 722      | 5.425       |
| ED                                      | 15.694   | 46.929    | 11.267 | 10.785             | 1.780       | 2.055    | 17.958      |
| EI                                      | 8.584    | 53.827    | 16.637 | 16.306             | 5.060       | 5.077    | 6.554       |
| FFB                                     | 4.929    | 18.795    | 5.337  | 5.844              | 842         | 1.735    | 3.478       |
| FS                                      | 9.424    | 41.820    | 9.808  | 1.1957             | 1.352       | 4.231    | 8.028       |
| GAP                                     | 19.825   | 97        | 0      | 40                 | 0           | 0        | 42          |
| LL                                      | 19.136   | 20.943    | 5.656  | 6.587              | 916         | 1.167    | 5.174       |
| MB                                      | 28.098   | 21.640    | 3.857  | 6.929              | 3.544       | 2.357    | 2.521       |
| MU                                      | 16.658   | 1.420     | 104    | 319                | 11          | 37       | 858         |
| M                                       | 4.480    | 36.322    | 7.422  | 8.633              | 119         | 1.662    | 16.406      |
| ND                                      | 9.725    | 35.097    | 5.747  | 11.120             | 10.943      | 1.064    | 5.190       |
| PAF                                     | 8.095    | 35.782    | 5.410  | 11.110             | 1.774       | 2.078    | 4.658       |
| RO                                      | 56.736   | 16.924    | 2.248  | 3.709              | 92          | 264      | 10.049      |
| STA                                     | 7.610    | 7.629     | 1.844  | 2.459              | 356         | 783      | 1.495       |
| TIL                                     | 31.496   | 2.097     | 242    | 625                | 0           | 0        | 1.164       |
| TS                                      | 41.541   | 29.422    | 4.904  | 6.616              | 81          | 1.013    | 15.604      |
| WM                                      | 45.179   | 3.808     | 671    | 1.101              | 22          | 36       | 1.888       |

| Landkreis                                      | Grünland | Ackerland | Weizen | Sonstiges Getreide | Hackfrüchte | Ölsaaten | Ackerfutter |
|--|----------|-----------|--------|--------------------|-------------|----------|-------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |          |           |        |                    |             |          |             |
| AS   | 45.537   | 38.314    | 4.006  | 18.432             | 408         | 3.276    | 9.402       |
| CHA  | 34.776   | 33.627    | 3.064  | 15.157             | 796         | 719      | 13.031      |
| NM   | 13.381   | 46.717    | 5.603  | 18.640             | 501         | 3.739    | 14.584      |
| NEW  | 19.779   | 33.577    | 1.279  | 18.203             | 1.461       | 3.614    | 7.471       |
| R  | 11.136   | 63.518    | 18.280 | 17.730             | 10.541      | 3.898    | 8.819       |
| SAD  | 17.659   | 42.599    | 2.975  | 20.714             | 2.367       | 2.317    | 12.227      |
| TIR  | 13.412   | 30.950    | 1.178  | 16.336             | 567         | 3.815    | 7.636       |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |          |           |        |                    |             |          |             |
| A  | 18.614   | 37.234    | 9.847  | 12.385             | 2.973       | 1.859    | 8.047       |
| AIC  | 9.522    | 37.969    | 9.536  | 11.324             | 3.504       | 1.944    | 9.222       |
| DLG  | 9345     | 39.053    | 13.301 | 11.126             | 2.424       | 2.113    | 7.996       |
| DON  | 16.972   | 59.277    | 18.589 | 17.948             | 5.079       | 3.730    | 11.476      |
| GZ   | 15.996   | 25.065    | 7.273  | 7.319              | 979         | 1.401    | 6.781       |
| MN   | 58.822   | 21.557    | 3.437  | 6.144              | 214         | 411      | 10.613      |
| NU   | 8.009    | 16.534    | 4.899  | 5.376              | 470         | 908      | 4.055       |
| OA   | 76.577   | 73        | 0      | 13                 | 0           | 0        | 52          |
| OAL  | 73.266   | 7.420     | 1.374  | 2.075              | 46          | 204      | 3.437       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |          |           |        |                    |             |          |             |
| TUT  | 15.223   | 9.294     | 2.136  | 4.166              | 92          | 691      | 979         |
| VS   | 24.333   | 15.239    | 3.810  | 6.360              | 245         | 1.594    | 1.716       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |          |           |        |                    |             |          |             |
| AA   | 35.680   | 35.524    | 8.409  | 13.325             | 402         | 2.184    | 9.481       |
| HDH  | 9.734    | 17.467    | 5.056  | 6.549              | 296         | 1.454    | 3.267       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |          |           |        |                    |             |          |             |
| BC   | 28.383   | 49.875    | 13.204 | 17.966             | 567         | 3.750    | 11.241      |
| BL   | 19.738   | 12.990    | 3.339  | 5.154              | 109         | 1.369    | 866         |
| RT   | 23.197   | 18.514    | 3.825  | 9.429              | 292         | 980      | 1.993       |
| RV   | 67.045   | 21.952    | 5.073  | 6.841              | 216         | 1089     | 5.515       |
| SIG  | 18.906   | 34.953    | 8.640  | 14.970             | 532         | 2.481    | 5.465       |
| UL   | 21.677   | 57.277    | 16.396 | 23.483             | 588         | 5.148    | 8.271       |

Quelle: Statistische Landesämter Bayern und Baden-Württemberg (2001) eigene Berechnung und Darstellung

**Tabelle A.III: Anteil der Intensität in Abhängigkeit von der landwirtschaftlichen Vergleichszahl**

| Landwirtschaftl.<br>Vergleichszahl | Anteil der jeweiligen Intensität |              | Landwirtschaftl.<br>Vergleichszahl | Anteil der jeweiligen Intensität |              |
|------------------------------------|----------------------------------|--------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------|
|                                    | Intensität 1                     | Intensität 2 |                                    | Intensität 1                     | Intensität 2 |
| bis 8                              | 100,00 %                         | 0,00 %       | 36                                 | 44,40 %                          | 55,60 %      |
| 9                                  | 100,00 %                         | 0,00 %       | 37                                 | 39,20 %                          | 60,80 %      |
| 10                                 | 100,00 %                         | 0,00 %       | 38                                 | 34,55 %                          | 65,45 %      |
| 11                                 | 100,00 %                         | 0,00 %       | 39                                 | 30,55 %                          | 69,45 %      |
| 12                                 | 99,95 %                          | 0,05 %       | 40                                 | 26,25 %                          | 73,55 %      |
| 13                                 | 99,95 %                          | 0,05 %       | 41                                 | 22,15 %                          | 77,85 %      |
| 14                                 | 99,90 %                          | 0,10 %       | 42                                 | 18,95 %                          | 81,05 %      |
| 15                                 | 99,85 %                          | 0,15 %       | 43                                 | 15,80 %                          | 84,20 %      |
| 16                                 | 99,80 %                          | 0,20 %       | 44                                 | 12,70 %                          | 87,30 %      |
| 17                                 | 99,70 %                          | 0,30 %       | 45                                 | 10,35 %                          | 89,65 %      |
| 18                                 | 99,55 %                          | 0,45 %       | 46                                 | 8,15 %                           | 91,85 %      |
| 19                                 | 99,30 %                          | 0,70 %       | 47                                 | 6,45 %                           | 93,55 %      |
| 20                                 | 99,10 %                          | 0,90 %       | 48                                 | 5,00 %                           | 95,00 %      |
| 21                                 | 98,75 %                          | 1,25 %       | 49                                 | 3,85 %                           | 96,15 %      |
| 22                                 | 97,95 %                          | 1,95 %       | 50                                 | 2,65 %                           | 97,35 %      |
| 23                                 | 97,45 %                          | 2,55 %       | 51                                 | 2,10 %                           | 97,90 %      |
| 24                                 | 96,75 %                          | 3,25 %       | 52                                 | 1,60 %                           | 98,40 %      |
| 25                                 | 95,65 %                          | 4,35 %       | 53                                 | 1,05 %                           | 98,95 %      |
| 26                                 | 94,20 %                          | 5,80 %       | 54                                 | 0,75 %                           | 99,25 %      |
| 27                                 | 92,40 %                          | 7,60 %       | 55                                 | 0,50 %                           | 99,50 %      |
| 28                                 | 90,85 %                          | 9,15 %       | 56                                 | 0,35 %                           | 99,65 %      |
| 29                                 | 88,60 %                          | 11,40 %      | 57                                 | 0,25 %                           | 99,75 %      |
| 30                                 | 85,75 %                          | 14,25 %      | 58                                 | 0,15 %                           | 99,75 %      |
| 31                                 | 67,80 %                          | 32,20 %      | 59                                 | 0,20%                            | 99,90 %      |
| 32                                 | 63,30 %                          | 36,70 %      | 60                                 | 0,10 %                           | 99,90 %      |
| 33                                 | 58,10 %                          | 41,90 %      | 61                                 | 0,05 %                           | 99,95 %      |
| 34                                 | 53,75 %                          | 46,25 %      | 62                                 | 0,05 %                           | 99,95 %      |
| 35                                 | 48,85 %                          | 51,15 %      | ab 63                              | 0,00 %                           | 100,00 %     |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.IV: Ergebnisse der Intensitätseinstufung des Probit-Modelles auf Landkreisebene: Anteil der extensiven Produktionsverfahren**

| Landkreis                               | Winterweizen | Sommerweizen | Hülsenfrüchte | Spätkartoffeln | Wintergerste | Zuckerrübe | Körnermais |
|---|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|------------|------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |              |              |               |                |              |            |            |
| AN                                      | 89 %         | 81 %         | 92 %          | 95 %           | 91 %         | 73 %       | 83 %       |
| WUG                                     | 93 %         | 89 %         | 94 %          | 96 %           | 94 %         | 92 %       | 92 %       |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |              |              |               |                |              |            |            |
| DEG                                     | 26 %         | 40 %         | 13 %          | 5 %            | 37 %         | 15 %       | 31 %       |
| DGF                                     | 45 %         | 40 %         | 50 %          | 25 %           | 45 %         | 30 %       | 48 %       |
| FRG                                     | 100 %        | -            | -             | 100 %          | 100 %        | -          | -          |
| KEH                                     | 57 %         | 57 %         | 63 %          | 57 %           | 58 %         | 52 %       | 57 %       |
| LA                                      | 40 %         | 41 %         | 40 %          | 24 %           | 39 %         | 28 %       | 40 %       |
| PA                                      | 48 %         | 82 %         | 66 %          | 84 %           | 49 %         | 37 %       | 32 %       |
| REG                                     | 99 %         | 99 %         | -             | 100 %          | 100 %        | -          | -          |
| PAN                                     | 73 %         | 68 %         | 65 %          | 68 %           | 73 %         | -          | 69 %       |
| SR                                      | 18 %         | 34 %         | 7 %           | 22 %           | 30 %         | 11 %       | 32 %       |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |              |              |               |                |              |            |            |
| AO                                      | 42 %         | 67 %         | 58 %          | 71 %           | 47 %         | 50 %       | 46 %       |
| BGL                                     | 69 %         | 75 %         | -             | 67 %           | -            | -          | 64 %       |
| DAH                                     | 49 %         | 52 %         | 63 %          | 45 %           | 49 %         | 43 %       | 49 %       |
| EBE                                     | 46 %         | 38 %         | 58 %          | 15 %           | 38 %         | 34 %       | 44 %       |
| ED                                      | 42 %         | 44 %         | 45 %          | 42 %           | 43 %         | 27 %       | 43 %       |
| EI                                      | 50 %         | 30 %         | 76 %          | 25 %           | 58 %         | 22 %       | 41 %       |
| FFB                                     | 46 %         | 54 %         | 45 %          | 44 %           | 44 %         | 45 %       | 50 %       |
| FS                                      | 42 %         | 51 %         | 55 %          | 58 %           | 44 %         | 23 %       | 44 %       |
| GAP                                     | -            | -            | -             | -              | -            | -          | -          |
| LL                                      | 40 %         | 56 %         | 26 %          | 29 %           | 44 %         | 17 %       | -          |
| M                                       | 30 %         | 22 %         | 29 %          | 11 %           | 36 %         | 28 %       | 24 %       |
| MB                                      | 27 %         | -            | 33 %          | 27 %           | 26 %         | -          | -          |
| MU                                      | 56 %         | 59 %         | 46 %          | 62 %           | 58 %         | 57 %       | 56 %       |
| ND                                      | 48 %         | 54 %         | 72 %          | 64 %           | 59 %         | 46 %       | 62 %       |
| PAF                                     | 59 %         | 66 %         | 71 %          | 76 %           | 67 %         | 37 %       | 67 %       |
| RO                                      | 67 %         | 73 %         | 68 %          | 76 %           | 69 %         | -          | 68 %       |
| STA                                     | 60 %         | 71 %         | 52 %          | 47 %           | 62 %         | 62 %       | -          |
| TIL                                     | 67 %         | 60 %         | -             | -              | 68 %         | -          | -          |
| TS                                      | 42 %         | 46 %         | 47 %          | 80 %           | 41 %         | 46 %       | 32 %       |
| WM                                      | 84 %         | 86 %         | -             | 82 %           | 82 %         | -          | 83 %       |

| Landkreis                               | Triticale | Silomais | Sommergerste | Hafer | Winterraps | Winterroggen |
|---|-----------|----------|--------------|-------|------------|--------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |           |          |              |       |            |              |
| AN                                      | 94 %      | 92 %     | 89 %         | 92 %  | 90 %       | 93 %         |
| WUG                                     | 95 %      | 94 %     | 94 %         | 94 %  | 93 %       | 96 %         |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |           |          |              |       |            |              |
| DEG                                     | 22 %      | 72 %     | 85 %         | 76 %  | 35 %       | 88 %         |
| DGF                                     | 62 %      | 52 %     | 48 %         | 47 %  | 53 %       | -            |
| FRG                                     | 100 %     | 100 %    | 100 %        | 100 % | -          | 100 %        |
| KEH                                     | 54 %      | 60 %     | 74 %         | 56 %  | 57 %       | 65 %         |
| LA                                      | 42 %      | 44 %     | 46 %         | 41 %  | 39 %       | 37 %         |
| PA                                      | 57 %      | 79 %     | 91 %         | 66 %  | 40 %       | 62 %         |
| R                                       | 99 %      | 99 %     | 99 %         | 100 % | -          | -            |
| PAN                                     | 74 %      | 76 %     | 75 %         | 75 %  | 73 %       | 76 %         |
| SR                                      | 37 %      | 63 %     | 79 %         | 63 %  | 30 %       | 42 %         |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |           |          |              |       |            |              |
| AO                                      | 63 %      | 55 %     | 52 %         | 58 %  | 46 %       | 43 %         |
| BGL                                     | 74 %      | 74 %     | -            | 68 %  | -          | 84 %         |
| TIL                                     | 65 %      | 68 %     | 68 %         | 67 %  | -          | -            |
| DAH                                     | 55 %      | 54 %     | 51 %         | 55 %  | 45 %       | 43 %         |
| EBE                                     | 45 %      | 52 %     | 31 %         | 54 %  | 22 %       | 58 %         |
| EI                                      | 51 %      | 68 %     | 77 %         | 66 %  | 61 %       | 47 %         |
| ED                                      | 42 %      | 45 %     | 41 %         | 47 %  | 47 %       | -            |
| FS                                      | 43 %      | 45 %     | 47 %         | 46 %  | 43 %       | 58 %         |
| FFB                                     | 53 %      | 46 %     | 50 %         | 43 %  | 45 %       | -            |
| GAP                                     | 100 %     | 82 %     | -            | -     | -          | -            |
| LL                                      | 56 %      | 49 %     | 47 %         | 54 %  | 42 %       | 35 %         |
| MB                                      | 21 %      | 36 %     | 37 %         | 27 %  | 30 %       | -            |
| MU                                      | 63 %      | 58 %     | 54 %         | 58 %  | 53 %       | 59 %         |
| M                                       | -         | 29 %     | 31 %         | 37 %  | 33 %       | 54 %         |
| ND                                      | 71 %      | 61 %     | 65 %         | 63 %  | 57 %       | 77 %         |
| PAF                                     | 71 %      | 68 %     | 68 %         | 70 %  | 68 %       | 76 %         |
| RO                                      | 72 %      | 73 %     | 70 %         | 69 %  | 70 %       | 62 %         |
| STA                                     | 61 %      | 67 %     | 58 %         | 68 %  | 61 %       | 54 %         |
| TS                                      | 62 %      | 49 %     | 49 %         | 46 %  | 34 %       | 44 %         |
| WM                                      | 87 %      | 85 %     | 84 %         | 84 %  | -          | -            |

| Landkreis                                      | Winterweizen | Sommerweizen | Hülsenfrüchte | Spätkartoffeln | Wintergerste | Zuckerrübe | Körnermais |
|--|--------------|--------------|---------------|----------------|--------------|------------|------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |              |              |               |                |              |            |            |
| AS   | 95 %         | 98 %         | 96 %          | 98 %           | 96%          | -          | 96 %       |
| CHA  | 99 %         | 99 %         | -             | 99 %           | 99%          | -          | -          |
| NM   | 91 %         | 95 %         | 91 %          | 93 %           | 92%          | 92 %       | 88 %       |
| NEW  | 97 %         | 98 %         | 95 %          | 98 %           | 97%          | -          | 96 %       |
| R  | 41 %         | 42 %         | 79 %          | 29 %           | 59%          | 23 %       | 41 %       |
| SAD  | 94 %         | 98 %         | 92 %          | 98 %           | 97%          | 95 %       | 94 %       |
| TIR  | 98 %         | 99 %         | 98 %          | 99 %           | 98%          | -          | -          |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |              |              |               |                |              |            |            |
| A  | 52 %         | 39 %         | 46 %          | 49%            | 56 %         | 39 %       | 56 %       |
| AIC  | 56 %         | 61 %         | 66 %          | 62%            | 59 %         | 52 %       | 58 %       |
| DLG  | 44 %         | 39 %         | 33 %          | 38%            | 48 %         | 36 %       | 42 %       |
| DON  | 53 %         | 52 %         | 56 %          | 58%            | 55 %         | 43 %       | 57 %       |
| GZ   | 56 %         | 62 %         | 62 %          | 55%            | 61 %         | 43 %       | 47 %       |
| MN   | 31 %         | 31 %         | 24 %          | 49%            | 32 %         | 30 %       | 31 %       |
| NU   | 50 %         | 46 %         | 46 %          | 51%            | 51 %         | 37 %       | 47 %       |
| OA   | -            | -            | -             | -              | -            | -          | -          |
| OAL  | 54 %         | 39 %         | 39 %          | 39%            | 54 %         | -          | 38 %       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |              |              |               |                |              |            |            |
| TUT  | 97 %         | 97 %         | 98 %          | 98%            | 97 %         | -          | 100 %      |
| VS   | 97 %         | 97 %         | 97 %          | 97%            | 97 %         | -          | 100 %      |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |              |              |               |                |              |            |            |
| AA   | 93 %         | 93 %         | 93 %          | 94%            | 93 %         | 93 %       | 93 %       |
| HDH  | 83 %         | 83 %         | 83 %          | 83%            | 83 %         | 83 %       | 84 %       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |              |              |               |                |              |            |            |
| BC   | 76 %         | 77 %         | 77 %          | 77%            | 75 %         | 76 %       | 77 %       |
| BL   | 91 %         | 92 %         | 92 %          | 91%            | 91 %         | 100 %      | 93 %       |
| RV   | 73 %         | 72 %         | 72 %          | 72%            | 73 %         | 71 %       | 72 %       |
| RT   | 76 %         | 76 %         | 76 %          | 76%            | 76 %         | 67 %       | 76 %       |
| SIG  | 83 %         | 83 %         | 83 %          | 83%            | 84 %         | 100 %      | 83 %       |
| UL   | 80 %         | 80 %         | 80 %          | 81%            | 79 %         | 83 %       | 80 %       |

| Landkreis                                      | Triticale | Silomais | Sommergerste | Hafer | Winterraps | Winterroggen |
|--|-----------|----------|--------------|-------|------------|--------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |           |          |              |       |            |              |
| AS   | 96 %      | 97 %     | 97 %         | 97 %  | 96 %       | 97 %         |
| CHA  | 99 %      | 99 %     | 99 %         | 99 %  | 99 %       | 99 %         |
| NM   | 93 %      | 93 %     | 92 %         | 93 %  | 90 %       | -            |
| NEW  | 97 %      | 97 %     | 98 %         | 98 %  | 97 %       | 98 %         |
| R  | 60 %      | 66 %     | 79 %         | 73 %  | 66 %       | 64 %         |
| SAD  | 97 %      | 97 %     | 98 %         | 99 %  | 96 %       | 97 %         |
| TIR  | 99 %      | 98 %     | 99 %         | 99 %  | 98 %       | 99 %         |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |           |          |              |       |            |              |
| AIC  | 63 %      | 59 %     | 62 %         | 63 %  | 59 %       | -            |
| A  | 52 %      | 62 %     | 52 %         | 65 %  | 47 %       | 64 %         |
| DLG  | 56 %      | 48 %     | 43 %         | 49 %  | 46 %       | 61 %         |
| GZ   | 56 %      | 62 %     | 71 %         | 70 %  | 54 %       | 77 %         |
| NU   | 61 %      | 54 %     | 51 %         | 53 %  | 50 %       | 41 %         |
| OAL  | 54 %      | 37 %     | 39 %         | 39 %  | -          | 40 %         |
| MN   | 22 %      | 32 %     | 27 %         | 32 %  | 29 %       | 28 %         |
| DON  | 46 %      | 52 %     | 52 %         | 54 %  | 62 %       | 53 %         |
| OA   | 14 %      | 12 %     | 0 %          | 0 %   | -          | -            |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |           |          |              |       |            |              |
| TUT  | 98 %      | 98 %     | 97 %         | 97 %  | 96 %       | 98 %         |
| VS   | 97 %      | 97 %     | 97 %         | 97 %  | 97 %       | 97 %         |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |           |          |              |       |            |              |
| AA   | 95 %      | 94 %     | 94 %         | 94 %  | 93 %       | 94 %         |
| HDH  | 83 %      | 83 %     | 83 %         | 83 %  | 83 %       | 83 %         |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |           |          |              |       |            |              |
| BC   | 78 %      | 78 %     | 78 %         | 78 %  | 77 %       | 80 %         |
| BL   | 99 %      | 93 %     | 93 %         | 92 %  | 90 %       | 94 %         |
| RV   | 75 %      | 76 %     | 70 %         | 72 %  | 72 %       | 69 %         |
| RT   | 76 %      | 76 %     | 76 %         | 76 %  | 76 %       | 76 %         |
| SIG  | 79 %      | 84 %     | 81 %         | 81 %  | 83 %       | 85 %         |
| UL   | 85 %      | 78 %     | 83 %         | 80 %  | 82 %       | 79 %         |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.V: Ergebnisse der Berechnungen des Referenzjahres 1995**

| Landkreis                               | Gesamtdeckungsbeitrag (€) | Deckungsbeitrag (€/ha) | Prämien (€/ha) | Wasserbedarf (m <sup>3</sup> /ha) |
|---|---------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |                           |                        |                |                                   |
| AN                                      | 129.184.503               | 1.051                  | 283            | 38                                |
| WUG                                     | 52.084.590                | 1.030                  | 294            | 39                                |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |                           |                        |                |                                   |
| DEG                                     | 56.341.879                | 1.109                  | 205            | 24                                |
| DGF                                     | 73.712.844                | 1.216                  | 235            | 32                                |
| FRG                                     | 27.842.026                | 857                    | 278            | 34                                |
| KEH                                     | 75.532.674                | 1.392                  | 224            | 30                                |
| LA                                      | 120.612.079               | 1.238                  | 263            | 43                                |
| PA                                      | 126.888.969               | 1.304                  | 254            | 45                                |
| PAN                                     | 103.126.899               | 1.213                  | 269            | 46                                |
| REG                                     | 24.582.649                | 947                    | 283            | 37                                |
| SR                                      | 99.707.433                | 1.242                  | 188            | 24                                |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |                           |                        |                |                                   |
| AÖ                                      | 39.882.064                | 1.173                  | 238            | 45                                |
| BGL                                     | 22.003.655                | 1.031                  | 229            | 38                                |
| DAH                                     | 38.042.526                | 927                    | 242            | 31                                |
| EBE                                     | 33.768.486                | 1.175                  | 234            | 40                                |
| EI                                      | 58.095.353                | 872                    | 225            | 21                                |
| ED                                      | 78.598.349                | 1.201                  | 252            | 45                                |
| FFB                                     | 20.257.780                | 795                    | 250            | 27                                |
| FS                                      | 54.857.547                | 990                    | 237            | 30                                |
| GAP                                     | 12.908.834                | 648                    | 260            | 21                                |
| LL                                      | 39.737.959                | 952                    | 192            | 37                                |
| M                                       | 21.277.882                | 742                    | 204            | 13                                |
| MB                                      | 25.532.875                | 864                    | 199            | 32                                |
| MU                                      | 64.493.516                | 1.179                  | 237            | 48                                |
| ND                                      | 53.953.589                | 1.126                  | 176            | 26                                |
| PAF                                     | 67.937.047                | 1.449                  | 204            | 26                                |
| RO                                      | 90.036.295                | 1.218                  | 196            | 45                                |
| STA                                     | 12.751.866                | 793                    | 200            | 29                                |
| TIL                                     | 28.891.992                | 859                    | 229            | 31                                |
| TS                                      | 80.890.877                | 1.125                  | 206            | 44                                |
| WM                                      | 56.934.529                | 1.159                  | 203            | 39                                |

| Landkreis                                      | Gesamtdeckungsbeitrag (€) | Deckungsbeitrag (€/ha) | Prämien (€/ha) | Wasserbedarf (m <sup>3</sup> /ha) |
|--|---------------------------|------------------------|----------------|-----------------------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |                           |                        |                |                                   |
| AS   | 52.679.671                | 930                    | 284            | 32                                |
| CHA  | 71.075.593                | 1.028                  | 293            | 40                                |
| NEW  | 52.783.831                | 958                    | 292            | 33                                |
| NM   | 63.811.005                | 1.000                  | 268            | 32                                |
| R  | 87.929.722                | 1.110                  | 208            | 20                                |
| SAD  | 73.384.285                | 1.185                  | 290            | 35                                |
| TIR  | 47.921.244                | 1.046                  | 301            | 37                                |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |                           |                        |                |                                   |
| A  | 66.395.953                | 1.143                  | 220            | 37                                |
| AIC  | 58.474.165                | 1.184                  | 245            | 41                                |
| DLG  | 53.819.614                | 1.076                  | 247            | 37                                |
| DON  | 93.102.825                | 1.191                  | 254            | 41                                |
| GZ   | 47.378.984                | 1.120                  | 233            | 42                                |
| MN   | 117.737.573               | 1.455                  | 139            | 54                                |
| NU   | 28.609.228                | 1.127                  | 238            | 39                                |
| OA   | 68.729.036                | 897                    | 193            | 30                                |
| OAL  | 102.143.816               | 1.262                  | 138            | 47                                |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |                           |                        |                |                                   |
| TUT  | 16.361.028                | 619                    | 231            | 21                                |
| VS   | 31.606.148                | 753                    | 235            | 28                                |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |                           |                        |                |                                   |
| AA   | 71.911.208                | 910                    | 208            | 38                                |
| HDH  | 25.594.124                | 776                    | 198            | 33                                |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |                           |                        |                |                                   |
| BC   | 101.059.987               | 1.151                  | 208            | 44                                |
| BL   | 15.689.851                | 439                    | 210            | 14                                |
| RT   | 30.903.075                | 741                    | 231            | 27                                |
| RV   | 129.178.433               | 1.386                  | 138            | 52                                |
| SIG  | 49.347.487                | 794                    | 218            | 32                                |
| UL   | 86.353.895                | 909                    | 211            | 38                                |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.VI: Prozentualer Prognosefehler (pPf) der Kulturen des Projektgebietes**

|                    | ertragsseitige Kalibrierung | kostenseitige Kalibrierung |
|--------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Flächenstilllegung | -23,86 %                    | -32,50 %                   |
| Frühkartoffeln     | 31,90 %                     | 26,56 %                    |
| Grünland           | 2,48 %                      | -4,07 %                    |
| Hafer              | 65,54 %                     | 37,14 %                    |
| Handelsgewächse    | 113,05 %                    | 52,98 %                    |
| Hopfen             | 20,96 %                     | 17,21 %                    |
| Hülsenfrüchte      | -0,05 %                     | -2,65 %                    |
| Klee               | 8,54 %                      | 7,54 %                     |
| Körnermais         | -24,54 %                    | -33,74 %                   |
| Raps               | 3,21 %                      | 1,91 %                     |
| Roggen             | 46,20 %                     | 28,91 %                    |
| Silomais           | -10,62 %                    | -3,07 %                    |
| Sommergerste       | 6,69 %                      | 4,80 %                     |
| Sommerweizen       | -49,29 %                    | -100,67 %                  |
| Spätkartoffeln     | -2,76 %                     | -0,48 %                    |
| Triticale          | -21,06 %                    | -30,02 %                   |
| Wintergerste       | -4,63 %                     | -5,87 %                    |
| Winterweizen       | 4,05 %                      | 1,98 %                     |
| Zuckerrübe         | 2,21 %                      | 2,89 %                     |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.VII: Geometrischer absoluter prozentualer Prognosefehler (GapPf) für die Landnutzung in den einzelnen Landkreisen**

| Landkreis                               | Kostenseitige Kalibrierung | Ertragsseitige Kalibrierung | Landkreis                                      | Kostenseitige Kalibrierung | Ertragsseitige Kalibrierung |
|---|----------------------------|-----------------------------|--|----------------------------|-----------------------------|
| Bayern - Regierungsbezirk Mittelfranken |                            |                             | Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz            |                            |                             |
| AN                                      | 16,38 %                    | 16,58 %                     | AS   | 15,36 %                    | 14,21 %                     |
| WUG                                     | 13,99 %                    | 12,54 %                     | CHA  | 12,80 %                    | 11,92 %                     |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |                            |                             | NEW  | 14,58 %                    | 16,33 %                     |
| DEG                                     | 13,66 %                    | 13,32 %                     | NM   | 15,52 %                    | 14,38 %                     |
| DGF                                     | 12,20 %                    | 14,61 %                     | R  | 15,82 %                    | 15,99 %                     |
| FRG                                     | 5,66 %                     | 10,77 %                     | SAD  | 13,30 %                    | 13,50 %                     |
| KEH                                     | 17,24 %                    | 17,40 %                     | TIR  | 18,67 %                    | 16,80 %                     |
| LA                                      | 12,96 %                    | 12,53 %                     | Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |                            |                             |
| PA                                      | 11,90 %                    | 17,07 %                     | A  | 9,49 %                     | 7,62 %                      |
| PAN                                     | 13,88 %                    | 14,29 %                     | AIC  | 12,81 %                    | 13,56 %                     |
| REG                                     | 7,42 %                     | 5,10 %                      | DLG  | 12,18 %                    | 12,36 %                     |
| SR                                      | 16,42 %                    | 15,81 %                     | DON  | 10,91 %                    | 11,73 %                     |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |                            |                             | GZ   | 8,71 %                     | 10,51 %                     |
| AO                                      | 15,11 %                    | 13,26 %                     | MN   | 11,44 %                    | 4,37 %                      |
| BGL                                     | 12,24 %                    | 17,43 %                     | NU   | 12,97 %                    | 11,29 %                     |
| DAH                                     | 9,94 %                     | 11,78 %                     | OA   | 12,90 %                    | 13,32 %                     |
| EBE                                     | 11,48 %                    | 9,91 %                      | OAL  | 3,55 %                     | 10,77 %                     |
| ED                                      | 12,14 %                    | 12,42 %                     | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |                            |                             |
| EI                                      | 15,15 %                    | 13,93 %                     | VS   | 9,06 %                     | 8,02 %                      |
| FFB                                     | 13,23 %                    | 13,07 %                     | TUT  | 12,65 %                    | 11,84 %                     |
| FS                                      | 17,82 %                    | 16,09 %                     | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |                            |                             |
| GAP                                     | 19,68 %                    | 24,52 %                     | AA   | 11,46 %                    | 14,71 %                     |
| LL                                      | 13,58 %                    | 5,55 %                      | HDH  | 9,06 %                     | 9,97 %                      |
| M                                       | 24,15 %                    | 22,02 %                     | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |                            |                             |
| MB                                      | 8,35 %                     | 3,56 %                      | BC   | 11,50 %                    | 13,12 %                     |
| MU                                      | 14,67 %                    | 13,07 %                     | BL   | 11,12 %                    | 10,40 %                     |
| ND                                      | 12,99 %                    | 11,12 %                     | RT   | 12,50 %                    | 13,77 %                     |
| PAF                                     | 19,75 %                    | 17,85 %                     | RV   | 8,45 %                     | 8,33 %                      |
| RO                                      | 6,22 %                     | 10,45 %                     | SIG  | 18,67 %                    | 16,80 %                     |
| STA                                     | 13,19 %                    | 12,39 %                     | UL   | 8,38 %                     | 9,20 %                      |
| TIL                                     | 5,80 %                     | 8,31 %                      |  |                            |                             |
| TS                                      | 10,08 %                    | 11,43 %                     |  |                            |                             |
| WM                                      | 6,56 %                     | 3,37 %                      |  |                            |                             |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.VIII: Durchschnittlicher geometrisch gewichteter absoluter prozentualer  
Prognosefehler (GgapPf) der Kulturen**

|                    | ertragsseitig | kostenseitig |
|--------------------|---------------|--------------|
| Flächenstilllegung | 1,35 %        | 1,36 %       |
| Frühkartoffeln     | 0,04 %        | 0,04 %       |
| Hafer              | 2,96 %        | 2,65 %       |
| Handelsgewächse    | 0,68 %        | 0,68 %       |
| Hopfen             | 0,15 %        | 0,15 %       |
| Hülsenfrüchte      | 0,33 %        | 0,32 %       |
| Klee               | 2,66 %        | 2,55 %       |
| Körnermais         | 0,89 %        | 0,91 %       |
| Roggen             | 0,86 %        | 0,81 %       |
| Silomais           | 4,07 %        | 3,08 %       |
| Sommergerste       | 1,20 %        | 1,12 %       |
| Sommerweizen       | 0,73 %        | 0,72 %       |
| Spätkartoffeln     | 0,36 %        | 0,35 %       |
| Triticale          | 2,27 %        | 2,11 %       |
| Wintergerste       | 1,37 %        | 1,43 %       |
| Winterraps         | 1,02 %        | 1,06 %       |
| Winterweizen       | 2,12 %        | 1,82 %       |
| Zuckerrüben        | 0,11 %        | 0,12 %       |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.IX: Anteil der Weizenbaufläche bei unterschiedlichen Preisen**

| Landkreis | Preissenkung<br>um 20 % | Preissenkung<br>um 10 % | Basispreis | Preissteigerung<br>um 10 % | Preissteigerung<br>um 20 % |
|-----------|-------------------------|-------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| GAP       | 0,00 %                  | 0,00 %                  | 0,00 %     | 0,00 %                     | 0,00 %                     |
| OA        | 0,00 %                  | 0,00 %                  | 0,00 %     | 0,00 %                     | 0,00 %                     |
| REG       | 1,47 %                  | 1,95 %                  | 2,43 %     | 2,90 %                     | 3,38 %                     |
| NEW       | 2,08 %                  | 2,49 %                  | 2,90 %     | 3,31 %                     | 3,72 %                     |
| TIR       | 2,68 %                  | 3,13 %                  | 3,58 %     | 4,03 %                     | 4,47 %                     |
| FRG       | 3,03 %                  | 3,54 %                  | 4,03 %     | 4,52 %                     | 5,00 %                     |
| SAD       | 4,73 %                  | 5,50 %                  | 6,27 %     | 7,05 %                     | 7,83 %                     |
| MB        | 5,07 %                  | 6,20 %                  | 7,25 %     | 8,38 %                     | 9,43 %                     |
| CHA       | 6,41 %                  | 7,59 %                  | 8,77 %     | 9,95 %                     | 11,10 %                    |
| TIL       | 5,06 %                  | 6,25 %                  | 10,02 %    | 13,79 %                    | 15,17 %                    |
| AS        | 7,53 %                  | 8,80 %                  | 10,05 %    | 11,33 %                    | 12,59 %                    |
| BGL       | 8,30 %                  | 9,68 %                  | 11,06 %    | 12,46 %                    | 13,87 %                    |
| NM        | 9,07 %                  | 10,42 %                 | 11,77 %    | 13,13 %                    | 14,49 %                    |
| RO        | 8,93 %                  | 10,45 %                 | 11,99 %    | 13,50 %                    | 15,03 %                    |
| M         | 10,81 %                 | 12,46 %                 | 14,12 %    | 15,80 %                    | 17,46 %                    |
| ND        | 11,38 %                 | 12,92 %                 | 14,49 %    | 16,14 %                    | 17,78 %                    |
| EBE       | 10,89 %                 | 12,71 %                 | 14,54 %    | 16,35 %                    | 18,11 %                    |
| PAF       | 11,55 %                 | 13,12 %                 | 14,70 %    | 16,25 %                    | 17,79 %                    |
| MN        | 12,25 %                 | 13,97 %                 | 15,68 %    | 17,36 %                    | 18,91 %                    |
| WM        | 10,43 %                 | 13,07 %                 | 15,75 %    | 18,38 %                    | 21,03 %                    |
| TS        | 12,10 %                 | 14,05 %                 | 16,11 %    | 18,17 %                    | 20,19 %                    |
| PA        | 12,81 %                 | 14,58 %                 | 16,35 %    | 18,11 %                    | 19,85 %                    |
| OAL       | 12,51 %                 | 14,57 %                 | 16,63 %    | 18,69 %                    | 20,76 %                    |
| AN        | 14,06 %                 | 16,06 %                 | 18,05 %    | 20,05 %                    | 22,05 %                    |
| MU        | 15,48 %                 | 17,67 %                 | 19,88 %    | 22,06 %                    | 24,26 %                    |
| KEH       | 15,49 %                 | 17,73 %                 | 19,96 %    | 22,22 %                    | 24,47 %                    |
| RT        | 15,94 %                 | 18,14 %                 | 20,33 %    | 22,51 %                    | 24,69 %                    |
| RV        | 17,60 %                 | 19,55 %                 | 21,49 %    | 23,42 %                    | 25,33 %                    |
| TUT       | 16,46 %                 | 19,03 %                 | 21,60 %    | 24,16 %                    | 26,71 %                    |
| PAN       | 17,58 %                 | 19,62 %                 | 21,65 %    | 23,85 %                    | 26,04 %                    |
| AO        | 16,64 %                 | 19,14 %                 | 21,69 %    | 24,26 %                    | 26,76 %                    |
| FS        | 17,46 %                 | 19,86 %                 | 22,28 %    | 24,74 %                    | 27,20 %                    |
| WUG       | 17,74 %                 | 20,03 %                 | 22,34 %    | 24,60 %                    | 26,83 %                    |
| ED        | 18,44 %                 | 20,42 %                 | 22,43 %    | 24,46 %                    | 26,56 %                    |
| STA       | 17,24 %                 | 20,17 %                 | 23,07 %    | 26,06 %                    | 29,04 %                    |
| AA        | 18,90 %                 | 21,07 %                 | 23,31 %    | 25,55 %                    | 27,78 %                    |

| Landkreis | Preissenkung<br>um 20 % | Preissenkung<br>um 10 % | Basispreis | Preissteigerung<br>um 10 % | Preissteigerung<br>um 20 % |
|-----------|-------------------------|-------------------------|------------|----------------------------|----------------------------|
| DEG       | 19,55 %                 | 21,49 %                 | 23,43 %    | 25,25 %                    | 27,06 %                    |
| SIG       | 20,22 %                 | 22,16 %                 | 24,07 %    | 25,98 %                    | 27,89 %                    |
| BL        | 19,56 %                 | 21,87 %                 | 24,18 %    | 26,46 %                    | 28,78 %                    |
| VS        | 19,92 %                 | 22,09 %                 | 24,26 %    | 26,31 %                    | 28,32 %                    |
| AIC       | 19,40 %                 | 21,84 %                 | 24,28 %    | 26,73 %                    | 29,12 %                    |
| A         | 19,03 %                 | 21,72 %                 | 24,42 %    | 27,14 %                    | 29,85 %                    |
| BC        | 21,61 %                 | 23,82 %                 | 26,02 %    | 28,25 %                    | 30,47 %                    |
| LL        | 20,11 %                 | 23,09 %                 | 26,05 %    | 28,98 %                    | 31,79 %                    |
| GZ        | 21,46 %                 | 24,19 %                 | 26,93 %    | 29,73 %                    | 32,54 %                    |
| FFB       | 21,72 %                 | 24,71 %                 | 27,73 %    | 30,74 %                    | 33,76 %                    |
| UL        | 23,16 %                 | 25,52 %                 | 27,88 %    | 30,25 %                    | 32,59 %                    |
| HDH       | 23,16 %                 | 25,60 %                 | 28,06 %    | 30,47 %                    | 32,69 %                    |
| R         | 23,70 %                 | 26,03 %                 | 28,35 %    | 30,61 %                    | 32,84 %                    |
| NU        | 21,93 %                 | 25,14 %                 | 28,38 %    | 31,71 %                    | 35,02 %                    |
| SR        | 24,43 %                 | 26,49 %                 | 28,43 %    | 30,11 %                    | 31,77 %                    |
| DAH       | 23,21 %                 | 25,87 %                 | 28,63 %    | 31,41 %                    | 34,18 %                    |
| LA        | 23,89 %                 | 26,51 %                 | 29,13 %    | 31,87 %                    | 34,60 %                    |
| DGF       | 24,72 %                 | 27,33 %                 | 29,92 %    | 32,54 %                    | 35,14 %                    |
| DON       | 24,39 %                 | 27,15 %                 | 29,98 %    | 32,84 %                    | 35,68 %                    |
| EI        | 25,03 %                 | 27,69 %                 | 30,36 %    | 33,07 %                    | 35,78 %                    |
| DLG       | 24,71 %                 | 27,86 %                 | 31,00 %    | 34,16 %                    | 37,32 %                    |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.X: Zusammenstellung wichtiger Szenarienergebnisse**

|                                      | Referenzjahr<br>1995 | Szenario 1:<br>Agenda 2000 | Szenario 2:<br>Entkopplung 2005 | Szenario 3:<br>Entkopplung 2010 |
|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|---------------------------------|---------------------------------|
|                                      | (€)                  | (€)                        | (€)                             | (€)                             |
| Gesamt-<br>deckungsbeitrag           | 3.434.451.347        | 3.160.987.852              | 3.327.657.420                   | 2.927.145.716                   |
| Tierproduktion                       | (Stück)              | (Stück)                    | (Stück)                         | (Stück)                         |
| Milchkühe                            | 1.562.050            | 1.445.822                  | 1.445.822                       | 1.381.897                       |
| Mutterkühe                           | 63.824               | 60.827                     | 28.412                          | 22.038                          |
| Rindermast                           | 532.789              | 469.803                    | 204.501                         | 306.872                         |
| Mutterschafe                         | 264.819              | 252.226                    | 249.667                         | 248.791                         |
| Pflanzenproduktion                   | (ha)                 | (ha)                       | (ha)                            | (ha)                            |
| Winterweizen                         | 379.101              | 358.178                    | 315.436                         | 328.932                         |
| Wintergerste                         | 232.400              | 203.956                    | 161.307                         | 192.213                         |
| Sommergerste                         | 131.031              | 133.121                    | 124.597                         | 144.782                         |
| Kleegras                             | 131.065              | 95.534                     | 145.240                         | 158.176                         |
| Silomais                             | 287.539              | 281.260                    | 178.126                         | 169.525                         |
| Flächenstilllegung                   | 92.823               | 240.915                    | 315.436                         | 271.569                         |
| nicht bewirtschaftete<br>Ackerfläche | 0                    | 0                          | 39.688                          | 37.584                          |
| Grünland                             | 1.265.326            | 1.138.001                  | 1.250.265                       | 1.242.756                       |
| Körnerleguminosen                    | 11.594               | 11.578                     | 10.555                          | 9.046                           |
| Körnermais                           | 69.545               | 57.103                     | 41.432                          | 53.873                          |
| Winterraps                           | 95.353               | 51.500                     | 64.101                          | 72.064                          |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.XI: Wichtige Ergebnisse für das Szenario 1: Fortsetzung der Agenda 2005**

| Landkreis                               | DB (€)      | DB (€/ha) | Prämien (€/ha) | Fsl.-anteil an der AF | bewirt. Grünland (ha) | Anzahl Mastrinder | Abnahme Silomais (ha) |
|---|-------------|-----------|----------------|-----------------------|-----------------------|-------------------|-----------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |             |           |                |                       |                       |                   |                       |
| AN                                      | 115.416.647 | 1.029     | 405            | 2,8 %                 | 33.156                | 24.544            | 10.265                |
| WUG                                     | 45.723.205  | 1.024     | 425            | 2,9 %                 | 11.144                | 10.004            | 2.260                 |
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |             |           |                |                       |                       |                   |                       |
| DEG                                     | 49.327.058  | 1.016     | 309            | 6,8 %                 | 12.204                | 6.537             | 1.053                 |
| DGF                                     | 62.046.621  | 1.109     | 392            | 20,1 %                | 4.811                 | 15.249            | 2.426                 |
| FRG                                     | 27.201.416  | 878       | 319            | 23,7 %                | 24.512                | 1.861             | 1.234                 |
| KEH                                     | 64.954.355  | 1.331     | 338            | 9,6 %                 | 5.065                 | 7.126             | 1.702                 |
| LA                                      | 100.974.571 | 1.146     | 429            | 18,9 %                | 7.956                 | 25.713            | 5.842                 |
| PA                                      | 109.598.020 | 1.218     | 381            | 19,2 %                | 29.963                | 14.209            | 2.207                 |
| PAN                                     | 93.952.950  | 1.220     | 453            | 8,9 %                 | 19.707                | 28.436            | 6.263                 |
| REG                                     | 23.897.402  | 962       | 327            | 18,9 %                | 20.633                | 2.139             | 700                   |
| SR                                      | 91.466.064  | 1.217     | 279            | 8,5 %                 | 15.143                | 5.279             | 1.375                 |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |             |           |                |                       |                       |                   |                       |
| AO                                      | 36.793.479  | 1.204     | 400            | 7,9 %                 | 8.166                 | 8.369             | 1.424                 |
| BGL                                     | 21.556.717  | 1.078     | 276            | 20,2 %                | 16.376                | 1.651             | 761                   |
| DAH                                     | 33.031.353  | 887       | 398            | 16,0 %                | 5.588                 | 9.847             | 2.474                 |
| EBE                                     | 32.354.750  | 1.223     | 331            | 25,7 %                | 10.934                | 3.083             | 579                   |
| ED                                      | 71.072.420  | 1.194     | 446            | 19,4 %                | 12.594                | 25.263            | 4.553                 |
| EI                                      | 49.141.358  | 807       | 334            | 15,9 %                | 7.099                 | 4.618             | 1.710                 |
| FFB                                     | 16.859.134  | 750       | 407            | 19,9 %                | 3.677                 | 6.362             | 950                   |
| FS                                      | 47.160.095  | 945       | 369            | 22,0 %                | 8.095                 | 10.062            | 2.334                 |
| GAP                                     | 12.631.043  | 656       | 274            | 7,2 %                 | 19.147                | 716               | 6                     |
| LL                                      | 36.710.889  | 992       | 300            | 7,2 %                 | 16.044                | 6.779             | 788                   |
| M                                       | 18.871.544  | 734       | 297            | 24,0 %                | 4.073                 | 2.150             | 740                   |
| MB                                      | 25.897.060  | 979       | 225            | 25,6 %                | 25.031                | 622               | 160                   |
| MU                                      | 59.857.504  | 1.182     | 398            | 5,9 %                 | 14.330                | 15.625            | 2.662                 |
| ND                                      | 49.771.751  | 1.168     | 294            | 18,9 %                | 6.158                 | 6.096             | 1.295                 |
| PAF                                     | 58.935.229  | 1.387     | 299            | 17,3 %                | 6.708                 | 4.503             | 1.884                 |
| RO                                      | 89.409.449  | 1.303     | 251            | 24,8 %                | 51.713                | 4.909             | 2.813                 |
| STA                                     | 12.150.696  | 828       | 285            | 30,6 %                | 7.041                 | 1.423             | 422                   |
| TIL                                     | 28.329.149  | 881       | 253            | 19,3 %                | 30.061                | 1.181             | 420                   |
| TS                                      | 78.267.725  | 1.192     | 297            | 27,2 %                | 36.241                | 9.586             | 2.442                 |
| WM                                      | 55.958.597  | 1.203     | 240            | 26,6 %                | 42.712                | 2.815             | 536                   |

| Landkreis                                      | DB<br>(€)   | DB<br>(€/ha) | Prämien<br>(€/ha) | Fsl.-anteil<br>an der AF | bewirt.<br>Grünland<br>(ha) | Anzahl<br>Mastrinder<br>(Stück) | Abnahme<br>Silomais<br>(ha) |
|--|-------------|--------------|-------------------|--------------------------|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern           |             |              |                   |                          |                             |                                 |                             |
| AS   | 47.371.638  | 913          | 401               | 5,5 %                    | 13.600                      | 6.767                           | 751                         |
| CHA  | 67.882.413  | 1.010        | 383               | 28,4 %                   | 33.580                      | 11.889                          | 1.655                       |
| NEW  | 48.631.367  | 946          | 386               | 2,9 %                    | 17.833                      | 6.320                           | 2.298                       |
| NM   | 58.183.991  | 1.007        | 373               | 4,8 %                    | 11.043                      | 7.497                           | 5.324                       |
| R  | 80.018.973  | 1.105        | 324               | 7,5 %                    | 8.900                       | 9.008                           | 659                         |
| SAD  | 68.779.087  | 1.183        | 401               | 3,9 %                    | 15.537                      | 10.361                          | 5.125                       |
| TIR  | 43.278.756  | 1.006        | 414               | 3,0 %                    | 12.056                      | 6.965                           | 490                         |
| Bayern – Regierungsbezirk Schwaben             |             |              |                   |                          |                             |                                 |                             |
| A  | 61.303.642  | 1.159        | 333               | 2,9 %                    | 15.653                      | 6.336                           | 1.269                       |
| AIC  | 51.765.793  | 1.132        | 403               | 5,8 %                    | 7.746                       | 13.323                          | 1.816                       |
| DLG  | 47.176.284  | 1.014        | 405               | 3,8 %                    | 7.471                       | 13.432                          | 2.030                       |
| DON  | 80.350.841  | 1.100        | 401               | 2,1 %                    | 13.787                      | 20.412                          | 4.545                       |
| GZ   | 44.564.889  | 1.132        | 358               | 29,9 %                   | 14.301                      | 8.584                           | 1.628                       |
| MN   | 116.598.449 | 1.677        | 220               | 28,7 %                   | 47.987                      | 5.955                           | 1.605                       |
| NU   | 26.197.107  | 1.127        | 368               | 30,5 %                   | 6.708                       | 4.865                           | 1.233                       |
| OA   | 67.907.694  | 920          | 209               | 1,4 %                    | 73.753                      | 1.330                           | 10                          |
| OAL  | 100.577.455 | 1.301        | 174               | 29,6 %                   | 69.915                      | 2.326                           | 1.818                       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |             |              |                   |                          |                             |                                 |                             |
| TUT  | 15.372.155  | 627          | 343               | 26,1 %                   | 15.208                      | 2.925                           | 260                         |
| VS   | 29.320.109  | 771          | 346               | 30,7 %                   | 22.779                      | 5.264                           | 412                         |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |             |              |                   |                          |                             |                                 |                             |
| AA   | 67.260.105  | 965          | 363               | 13,6 %                   | 34.184                      | 13.788                          | 1.475                       |
| HDH  | 24.100.920  | 907          | 350               | 30,7 %                   | 9.101                       | 3.487                           | 863                         |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |             |              |                   |                          |                             |                                 |                             |
| BC   | 94.162.307  | 1.231        | 362               | 16,2 %                   | 26.645                      | 12.925                          | 3.408                       |
| BL   | 15.178.360  | 465          | 305               | 25,7 %                   | 19.671                      | 2.632                           | 91                          |
| RT   | 28.655.360  | 687          | 331               | 22,2 %                   | 23.193                      | 6.239                           | 819                         |
| RV   | 134.286.942 | 1.547        | 246               | 18,4 %                   | 64.834                      | 6.688                           | 2.791                       |
| SIG  | 44.749.723  | 875          | 365               | 21,9 %                   | 16.202                      | 4.981                           | 1.277                       |
| UL   | 77.995.241  | 1.006        | 364               | 13,5 %                   | 20.231                      | 8.747                           | 1.481                       |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.XII: Höhe der entkoppelten EU-Prämie für die Szenarien 2 und 3**

| Landkreis                               | Prämienhöhe<br>Szenario 2<br>(€/ha) | Prämienhöhe<br>Szenario 3<br>(€/ha) | Landkreis   | Prämienhöhe<br>Szenario 2<br>(€/ha) | Prämienhöhe<br>Szenario 3<br>(€/ha) |
|---|-------------------------------------|-------------------------------------|---|-------------------------------------|-------------------------------------|
| Bayern - Regierungsbezirk Mittelfranken |                                     |                                     | Bayern – Regierungsbezirk Oberpfalz               |                                     |                                     |
| AN                                      | 384                                 | 346                                 | AS  | 375                                 | 338                                 |
| WUG                                     | 413                                 | 372                                 | CHA   | 323                                 | 290                                 |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |                                     |                                     | NEW   | 347                                 | 312                                 |
| DEG                                     | 362                                 | 326                                 | NM  | 351                                 | 316                                 |
| DGF                                     | 467                                 | 420                                 | R   | 385                                 | 347                                 |
| FRG                                     | 149                                 | 134                                 | SAD   | 371                                 | 334                                 |
| KEH                                     | 419                                 | 377                                 | TIR   | 378                                 | 340                                 |
| LA                                      | 474                                 | 427                                 | Bayern – Regierungsbezirk Schwaben                |                                     |                                     |
| PA                                      | 370                                 | 333                                 | A   | 358                                 | 322                                 |
| PAN                                     | 478                                 | 430                                 | AIC   | 452                                 | 407                                 |
| REG                                     | 151                                 | 136                                 | DLG   | 462                                 | 416                                 |
| SR                                      | 346                                 | 311                                 | DON   | 447                                 | 402                                 |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |                                     |                                     | GZ  | 374                                 | 337                                 |
| AO                                      | 422                                 | 379                                 | MN  | 262                                 | 236                                 |
| BGL                                     | 160                                 | 144                                 | NU  | 401                                 | 361                                 |
| DAH                                     | 433                                 | 390                                 | OA  | 78                                  | 70                                  |
| EBE                                     | 326                                 | 293                                 | OAL   | 153                                 | 138                                 |
| ED                                      | 497                                 | 448                                 | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk<br>Freiburg  |                                     |                                     |
| EI                                      | 329                                 | 329                                 | VS  | 226                                 | 203                                 |
| FFB                                     | 422                                 | 380                                 | TUT   | 236                                 | 212                                 |
| FS                                      | 402                                 | 361                                 | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk<br>Stuttgart |                                     |                                     |
| GAP                                     | 59                                  | 53                                  | AA  | 294                                 | 265                                 |
| LL                                      | 311                                 | 280                                 | HDH   | 306                                 | 275                                 |
| M                                       | 333                                 | 300                                 | Baden-Württemberg – Regierungsbezirk<br>Tübingen  |                                     |                                     |
| MB                                      | 102                                 | 92                                  | BC  | 345                                 | 311                                 |
| MU                                      | 426                                 | 383                                 | BL  | 195                                 | 176                                 |
| ND                                      | 397                                 | 357                                 | RT  | 243                                 | 219                                 |
| PAF                                     | 367                                 | 330                                 | RV  | 229                                 | 206                                 |
| RO                                      | 201                                 | 181                                 | SIG   | 309                                 | 278                                 |
| STA                                     | 264                                 | 237                                 | UL  | 332                                 | 299                                 |
| TIL                                     | 96                                  | 86                                  |   |                                     |                                     |
| TS                                      | 276                                 | 248                                 |   |                                     |                                     |
| WM                                      | 143                                 | 128                                 |   |                                     |                                     |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.XIII: Wichtige Ergebnisse für das Szenario 2: Entkopplung 2005**

| Landkreis                               | DB<br>(€)   | DB<br>(€/ha) | Prämie<br>(€/ha) | Brache<br>(ha) | Abnahme<br>Mastrinder<br>(Stück) | bewirt.<br>Grünland<br>(ha) |
|---|-------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Mittelfranken |             |              |                  |                |                                  |                             |
| AN                                      | 123.945.801 | 1.036        | 477              | 16.131         | 14.286                           | 40.543                      |
| WUG                                     | 48.961.107  | 1.045        | 497              | 4.406          | 2.784                            | 13.335                      |
| Bayern – Regierungsbezirk Niederbayern  |             |              |                  |                |                                  |                             |
| DEG                                     | 48.772.536  | 997          | 335              | 6.485          | 4.853                            | 12.562                      |
| DGF                                     | 63.732.509  | 1.120        | 413              | 14.195         | 5.301                            | 5.770                       |
| FRG                                     | 29.579.688  | 938          | 393              | 925            | 1.372                            | 25.972                      |
| KEH                                     | 66.027.410  | 1.324        | 368              | 9.282          | 2.471                            | 6.141                       |
| LA                                      | 104.888.950 | 1.147        | 455              | 24.498         | 10.630                           | 11.291                      |
| PA                                      | 113.645.910 | 1.216        | 422              | 19.329         | 3.506                            | 33.479                      |
| PAN                                     | 102.012.447 | 1.251        | 520              | 16.626         | 7.669                            | 24.248                      |
| REG                                     | 25.749.129  | 1.030        | 402              | 940            | 1.283                            | 21.731                      |
| SR                                      | 92.016.544  | 1.194        | 301              | 12.197         | 1.516                            | 17.016                      |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern    |             |              |                  |                |                                  |                             |
| AO                                      | 39.969.686  | 1.224        | 465              | 4.731          | 1.729                            | 10.242                      |
| BGL                                     | 23.087.996  | 1.144        | 160354           | 918            | 885                              | 17.440                      |
| DAH                                     | 34.893.414  | 911          | 439              | 9.472          | 2.498                            | 6.642                       |
| EBE                                     | 34.603.942  | 1.243        | 420              | 1.421          | 620                              | 12.318                      |
| ED                                      | 75.871.571  | 1.212        | 512              | 13.792         | 15.154                           | 15.693                      |
| EI                                      | 49.891.100  | 799          | 361              | 14.648         | 2.459                            | 8.584                       |
| FFB                                     | 17.874.976  | 765          | 438              | 5.868          | 2.670                            | 4.578                       |
| FS                                      | 49.306.368  | 962          | 401              | 12.077         | 5.001                            | 9.424                       |
| GAP                                     | 13.268.829  | 678          | 305              | 48             | 503                              | 19.508                      |
| LL                                      | 39.774.738  | 992          | 366              | 3.802          | 3.508                            | 19.136                      |
| M                                       | 18.683.203  | 721          | 313              | 5.558          | 1.414                            | 4.480                       |
| MB                                      | 27.713.964  | 985          | 289              | 511            | 145                              | 27.191                      |
| MU                                      | 65.759.497  | 1.241        | 470              | 6.712          | 3.629                            | 16.659                      |
| ND                                      | 52.189.764  | 1.163        | 329              | 5.429          | 1.442                            | 8.439                       |
| PAF                                     | 60.599.823  | 1.381        | 335              | 7.975          | 2.502                            | 8.095                       |
| RO                                      | 95.449.359  | 1.354        | 344              | 3.251          | 2.727                            | 56.736                      |
| STA                                     | 12.441.898  | 851          | 334              | 2.681          | 809                              | 7.610                       |
| TIL                                     | 30.231.343  | 934          | 313              | 764            | 754                              | 31.017                      |
| TS                                      | 83.786.692  | 1.181        | 377              | 4.582          | 2.380                            | 41.541                      |
| WM                                      | 59.905.710  | 1.284        | 324              | 1.265          | 1.620                            | 44.082                      |

| Landkreis                                      | DB<br>(€)   | DB<br>(€/ha) | Prämie<br>(€/ha) | Brache<br>(ha) | Abnahme<br>Mastrinder<br>(Stück) | bewirt.<br>Grünland<br>(ha) |
|--|-------------|--------------|------------------|----------------|----------------------------------|-----------------------------|
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern           |             |              |                  |                |                                  |                             |
| AS   | 49.588.820  | 921          | 473              | 11.280         | 3.961                            | 15.537                      |
| CHA  | 72.527.612  | 1.060        | 479              | 5.908          | 8.071                            | 34.776                      |
| NM   | 62.265.484  | 1.036        | 442              | 9.540          | 4.600                            | 13.381                      |
| NEW  | 53.094.870  | 995          | 477              | 909            | 3.141                            | 19.779                      |
| R  | 79.905.494  | 1.070        | 359              | 12.298         | 6.036                            | 11.136                      |
| SAD  | 74.357.877  | 1.234        | 490              | 4.745          | 5.514                            | 17.659                      |
| TIR  | 45.809.597  | 1.033        | 488              | 6.219          | 1.928                            | 13.411                      |
| Bayern – Regierungsbezirk Oberbayern           |             |              |                  |                |                                  |                             |
| A  | 64.630.740  | 1.157        | 399              | 2.009          | 1.670                            | 18.614                      |
| AIC  | 52.884.514  | 1.118        | 452              | 9.652          | 3.583                            | 9.353                       |
| DON  | 84.039.626  | 1.102        | 444              | 10.363         | 5.379                            | 16.972                      |
| DLG  | 50.191.548  | 1.037        | 459              | 8.441          | 4.337                            | 9.345                       |
| GZ   | 44.724.540  | 1.153        | 421              | 3.798          | 2.978                            | 13.730                      |
| MN   | 125.202.739 | 1.584        | 328              | 3.858          | 1.401                            | 57.490                      |
| NU   | 27.521.703  | 1.131        | 442              | 1.775          | 2.195                            | 7.796                       |
| OA   | 72.129.949  | 963          | 263              | 12             | 794                              | 74.848                      |
| OAL  | 107.492.437 | 1.397        | 259              | 2.971          | 1.696                            | 72.431                      |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Freiburg  |             |              |                  |                |                                  |                             |
| TUT  | 17.154.291  | 759          | 420              | 2.535          | 2.397                            | 15.223                      |
| VS   | 31.083.447  | 928          | 416              | 6.556          | 3.940                            | 24.333                      |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Stuttgart |             |              |                  |                |                                  |                             |
| AA   | 70.748.740  | 994          | 409              | 9.147          | 9.640                            | 35.680                      |
| HDH  | 24.374.776  | 896          | 391              | 4.208          | 1.660                            | 9.734                       |
| Baden-Württemberg – Regierungsbezirk Tübingen  |             |              |                  |                |                                  |                             |
| BC   | 98.052.044  | 1.253        | 419              | 15.158         | 6.589                            | 28.383                      |
| BL   | 15.756.726  | 553          | 359              | 5.041          | 1.975                            | 19.738                      |
| RT   | 30.148.503  | 849          | 387              | 6.833          | 3.989                            | 23.197                      |
| RV   | 142.631.954 | 1.772        | 358              | 9.009          | 4.837                            | 67.046                      |
| SIG  | 45.874.870  | 875          | 399              | 10.815         | 1.920                            | 17.493                      |
| UL   | 80.828.615  | 1.024        | 405              | 13.596         | 2.190                            | 21.677                      |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)

**Tabelle A.XIV: Wichtige Ergebnisse für das Szenario 3: Entkopplung 2010**

| Landkreis                                  | DB<br>(€)   | DB<br>(€/ha) | Prämien<br>(€/ha) | Anteil der<br>Prämie am<br>DB | Brache<br>(ha) | Abnahme<br>Mastrinder<br>(Stück) |
|--|-------------|--------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Bayern – Regierungspräsidium Mittelfranken |             |              |                   |                               |                |                                  |
| AN   | 110.791.643 | 926          | 460               | 49,68 %                       | 4.118          | 8.871                            |
| WUG  | 44.469.316  | 903          | 464               | 51,38 %                       | 970            | 5.858                            |
| Bayern – Regierungspräsidium Niederbayern  |             |              |                   |                               |                |                                  |
| DEG  | 47.881.544  | 979          | 339               | 34,63 %                       | 7.415          | 2.597                            |
| DGF  | 60.121.683  | 1.059        | 387               | 36,54 %                       | 11.530         | 8.483                            |
| FRG  | 23.214.994  | 737          | 362               | 49,12 %                       | 1.441          | 659                              |
| KEH  | 61.285.915  | 1.229        | 346               | 28,15 %                       | 5.183          | 3.470                            |
| LA   | 95.712.161  | 1.046        | 430               | 41,11 %                       | 19.995         | 12.923                           |
| PA   | 102.418.590 | 1.096        | 403               | 36,77 %                       | 13.051         | 8.727                            |
| REG  | 21.344.368  | 847          | 383               | 45,22 %                       | 1.028          | 709                              |
| PAN  | 88.957.058  | 1.091        | 491               | 45,00 %                       | 8.146          | 13.791                           |
| SR   | 88.573.934  | 1.150        | 301               | 26,17 %                       | 6.926          | 3.255                            |
| Bayern – Regierungspräsidium Oberbayern    |             |              |                   |                               |                |                                  |
| AO   | 33.942.542  | 1.040        | 435               | 41,83 %                       | 2.719          | 4.925                            |
| BGL  | 19.067.740  | 927          | 335               | 36,14 %                       | 808            | 967                              |
| DAH  | 31.024.542  | 810          | 421               | 51,98 %                       | 7.151          | 5.458                            |
| EBE  | 29.482.602  | 1.059        | 393               | 37,11 %                       | 3.921          | 2.441                            |
| ED   | 66.932.108  | 1.069        | 482               | 45,09 %                       | 13.186         | 13.233                           |
| EI   | 44.642.703  | 715          | 339               | 47,41 %                       | 12.805         | 2.092                            |
| FFB  | 16.238.572  | 684          | 417               | 60,96 %                       | 3.947          | 3.355                            |
| FS   | 44.317.907  | 865          | 390               | 45,09 %                       | 10.776         | 4.405                            |
| GAP  | 11.450.109  | 600          | 299               | 49,83 %                       | 26             | 239                              |
| LL   | 33.275.185  | 840          | 350               | 41,67 %                       | 2.255          | 3.385                            |
| M  | 18.180.336  | 696          | 296               | 42,53 %                       | 4.069          | 858                              |
| MB   | 22.681.803  | 815          | 280               | 34,36 %                       | 506            | 581                              |
| MU   | 55.672.746  | 1.051        | 447               | 42,53 %                       | 5.509          | 10.570                           |
| ND   | 47.748.499  | 1.034        | 307               | 29,69 %                       | 6.391          | 3.476                            |
| PAF  | 55.490.309  | 1.265        | 318               | 25,14 %                       | 4.826          | 2.150                            |
| RO   | 77.848.579  | 1.074        | 318               | 29,61 %                       | 4.070          | 2.825                            |
| STA  | 11.004.661  | 723          | 313               | 43,29 %                       | 2.279          | 658                              |
| TIL  | 25.014.556  | 780          | 303               | 38,85 %                       | 664            | 620                              |
| TS   | 70.314.864  | 991          | 356               | 35,92 %                       | 7.226          | 6.947                            |
| WM   | 49.163.610  | 1.053        | 308               | 29,25 %                       | 1.174          | 1.433                            |

| Landkreis  | DB<br>(€)   | DB<br>(€/ha) | Prämien<br>(€/ha) | Anteil der<br>Prämie am<br>DB | Brache<br>(ha) | Abnahme<br>Mastrinder<br>(Stück) |
|--|-------------|--------------|-------------------|-------------------------------|----------------|----------------------------------|
| Bayern – Regierungspräsidium Oberbayern          |             |              |                   |                               |                |                                  |
| AS   | 44.059.071  | 818          | 461               | 56,36 %                       | 4.886          | 2.165                            |
| CHA  | 62.963.084  | 920          | 444               | 48,26 %                       | 7.981          | 5.554                            |
| NM   | 54.977.862  | 915          | 423               | 46,23 %                       | 6.024          | 2.532                            |
| NEW  | 45.936.651  | 861          | 451               | 52,38 %                       | 993            | 2.219                            |
| R  | 75.491.865  | 1.015        | 331               | 32,61 %                       | 5.378          | 1.613                            |
| SAD  | 66.921.458  | 1.111        | 474               | 42,66 %                       | 1.846          | 4.288                            |
| TIR  | 40.802.227  | 920          | 471               | 51,20 %                       | 2.023          | 1.680                            |
| Bayern – Regierungspräsidium Schwaben            |             |              |                   |                               |                |                                  |
| A  | 55.439.775  | 993          | 376               | 37,87 %                       | 2.811          | 3.578                            |
| AIC  | 48.778.186  | 1.027        | 431               | 41,97 %                       | 5.976          | 6.842                            |
| DLG  | 43.603.446  | 901          | 417               | 46,28 %                       | 5.962          | 7.241                            |
| DON  | 77.020.283  | 1.010        | 421               | 41,68 %                       | 4.475          | 9.735                            |
| GZ   | 40.441.135  | 985          | 399               | 40,51 %                       | 7.440          | 5.099                            |
| MN   | 100.776.261 | 1.314        | 308               | 23,44 %                       | 5.760          | 3.900                            |
| NU   | 24.514.451  | 999          | 407               | 40,74 %                       | 4.994          | 2.695                            |
| OA   | 59.337.365  | 806          | 258               | 32,01 %                       | 16             | 514                              |
| OAL  | 86.448.066  | 1.133        | 245               | 21,62 %                       | 2.659          | 810                              |
| Baden-Württemberg – Regierungspräsidium Freiburg |             |              |                   |                               |                |                                  |
| TUT  | 14.858.521  | 674          | 381               | 56,53 %                       | 3.043          | 1.391                            |
| VS   | 27.670.968  | 782          | 392               | 50,13 %                       | 4.769          | 1.281                            |
| Baden-Württemberg – Regierungspräsidium Freiburg |             |              |                   |                               |                |                                  |
| AA   | 63.162.364  | 965          | 404               | 41,87 %                       | 6.889          | 3.813                            |
| HDH  | 22.287.935  | 822          | 366               | 44,53 %                       | 5.235          | 1.452                            |
| Baden-Württemberg – Regierungspräsidium Tübingen |             |              |                   |                               |                |                                  |
| BC   | 86.481.044  | 1.105        | 400               | 36,20 %                       | 8.547          | 4.336                            |
| BL   | 14.582.990  | 508          | 343               | 67,52 %                       | 4.866          | 680                              |
| RT   | 27.433.367  | 746          | 371               | 49,73 %                       | 5.649          | 1.557                            |
| RV   | 118.313.003 | 1.526        | 332               | 21,76 %                       | 7.897          | 1.737                            |
| SIG  | 42.905.662  | 851          | 389               | 45,71 %                       | 8.020          | 3.877                            |
| UL   | 73.673.497  | 975          | 382               | 39,18 %                       | 10.903         | 5.367                            |

Quelle: eigene Berechnungen (2003)