

# Ein Populationsmodell mit zeit- und ortsvariablen Vital- und Migrationsraten für Mecklenburg-Vorpommern

Karsten BUCKMANN, Jörn HOLLENBACH

Dr. rer. nat. Karsten Buckmann, Institut für Geodatenverarbeitung Hinrichshagen, Feldstr. 37, D-17498 Hinrichshagen,  
e-mail: [ifgdv@uni-greifswald.de](mailto:ifgdv@uni-greifswald.de)

Dipl. Geogr. Jörn Hollenbach, Ministerium für Arbeit und Bau Mecklenburg-Vorpommern, Schloßstraße 6-8, D-19048 Schwerin  
e-mail: [Jörn.Hollenbach@am.mv-regierung.de](mailto:Jörn.Hollenbach@am.mv-regierung.de)

## ZUSAMMENFASSUNG

Der Beitrag stellt Algorithmen für Bevölkerungsprognosen und deren Implementierung als WINDOWS- Programm vor.

Am Beispiel eines zeitlich und regional stark aufgelösten Datensatzes der Bevölkerungsverteilung und –struktur in dem Neuen Bundesland Mecklenburg-Vorpommern werden statistischen Zusammenhänge ermittelt und vorgestellt sowie mögliche Parametrisierungen des Prognoseproblems diskutiert. Das demographische Problem der Erstellung von Bevölkerungsprognosen wird modelltechnisch durch die Vorhersage der zeitlichen Entwicklung der gewählten Parameter beschrieben. Diese Parameterentwicklungen können einheitlich durch die Verwendung von „loglets“ formalisiert werden.

Das Prognosemodell wurde in einem WINDOWS- Programm umgesetzt, welches im Beitrag zur Illustration der Vorgehensweisen herangezogen wird.

## 1. STATISTISCHE ANALYSE UND PARAMETRISIERUNG

Die statistischen Landesämter in Deutschland geben Daten der Bevölkerungsstruktur in räumlicher Gliederung heraus. Diese Gliederung folgt administrativen Strukturen: Gemeinde, Landkreis, kreisfreie Stadt, regionaler Planungsverband und Bundesland. In jeder dieser Strukturen werden die Daten jedes Kalenderjahres in 100 Altersklassen eingeteilt.

Die Aufgabe der Bevölkerungsprognose ist es, analog eingeteilte Daten für die nähere Zukunft (Prognosezeitraum) bereitzustellen. Dazu müssen in einem ersten Schritt die beeinflussenden Faktoren, das sind in diesem Fall Fertilität, Mortalität und Migration in ihrer bisherigen Ausprägung quantifiziert und beurteilt werden. In einem zweiten Schritt sind die demographischen und politischen Anhaltspunkte für die Zielrichtung der zukünftigen Entwicklung sowie deren Geschwindigkeit zusammenzutragen, zu beurteilen und zu quantifizieren.

Die Abbildung 1 zeigt beispielhaft die Entwicklung der zusammengefaßten Geburtenziffer TFR (total fertility rate) sowie die Lageverschiebung des Maximums der altersspezifischen Geburtenziffer (AGZ) der letzten zehn Jahre in Mecklenburg-Vorpommern.

Die Datenanalyse reicht bis zu der senkrechten grauen Markierungslinie. Gerade bei diesen Indikatoren werden die Auswirkungen der politischen Wende in der ehemaligen DDR sichtbar. Lag die TFR 1990 (grüne Kurve) noch weit über dem Durchschnitt der alten Bundesländer fiel sie bis 1994 auf ca. 45% des Ausgangswertes. Nach dem Durchschreiten der Talsohle steigt die Rate jedoch mit gleicher Geschwindigkeit wieder an, ohne jedoch das Ausgangsniveau zu erreichen. Parallel dazu verschob sich das Maximum der AGZ (violette Linie). Lag das Maximum der AGZ 1990 noch bei 25,2 Jahren werden heute schon 27,8 Jahre erreicht. Ausgehend von dieser Ausgangsanalyse muß die Datenprognose anschließend unter Heranziehung weiterer Informationen die errechneten Kurven in die Zukunft fortsetzen. Diese Problematik wird im nächsten Abschnitt näher untersucht. Die „TFR“ und die „Lage des Maximums der AGZ“ sind abgeleitete Größen, welche sich aus der Statistik der Geburten ergeben. Es kann gezeigt werden, daß aus diesen zwei Größen umgekehrt die Geburtenzahlen innerhalb der Population angenähert errechnen werden können. Die Zurückrechnung basiert auf der Tatsache, daß die AGZ durch eine modifizierte Betaverteilung beschrieben werden kann.

Verallgemeinernd stellt sich die Frage, welche Menge von Parametern ausreicht, um die alters- und geschlechtsspezifischen Bevölkerungsstrukturen mit einer vorgegebenen Genauigkeit daraus zu errechnen. Aus der Analyse der Daten konnten allgemeingültige, d. h. für das Land und alle betrachteten Regionaleinheiten zutreffende, Verteilungstypen der Prognoseparameter gewonnen werden. Die regionale Differenzierung ergibt sich aus der Anpassung der Verteilungen an die jeweiligen Regionaldaten. Für die Erstellung des Modells war die Unterstützung des Statistischen Landesamtes Mecklenburg-Vorpommern erforderlich. Nur die durch das Amt bereitgestellten Daten konnten berücksichtigt werden. Daraus ergab sich nachfolgende Parameterliste „Praxis“:

- zusammengefaßte Geburtenziffer (TFR),
- Lage des Maximums der altersspezifischen Geburtenziffer (Nadir der AGZ),
- Mittlere Lebenserwartung weiblicher Neugeborener,
- Mittlere Lebenserwartung männlicher Neugeborener,
- Zielwert weiblicher Zuzüge bei Außenwanderungen,
- Zielwert weiblicher Fortzüge bei Außenwanderungen,
- Zielwert männlicher Zuzüge bei Außenwanderungen,
- Zielwert männlicher Fortzüge bei Außenwanderungen,
- Zielwert weiblicher Zuzüge bei Binnenwanderungen,
- Zielwert weiblicher Fortzüge bei Binnenwanderungen,
- Zielwert männlicher Zuzüge bei Binnenwanderungen und
- Zielwert männlicher Fortzüge bei Binnenwanderungen.

Natürlich ist eine Verfeinerung bzw. Untersetzung der Parametermenge möglich. Um hierfür ein Beispiel anzugeben, werden die Binnenwanderungen und deren Parameter betrachtet. Abbildung 2 zeigt die Zuzüge von Binnenwanderern für das Basisjahr (1999)

und für das erste Prognosejahr (2000). Eine Unterscheidung von Zuzügen und Fortzügen ist notwendig, da diese unterschiedliche Strukturen aufweisen. Allein die Berechnung mit Hilfe von Salden ist nicht ausreichend.

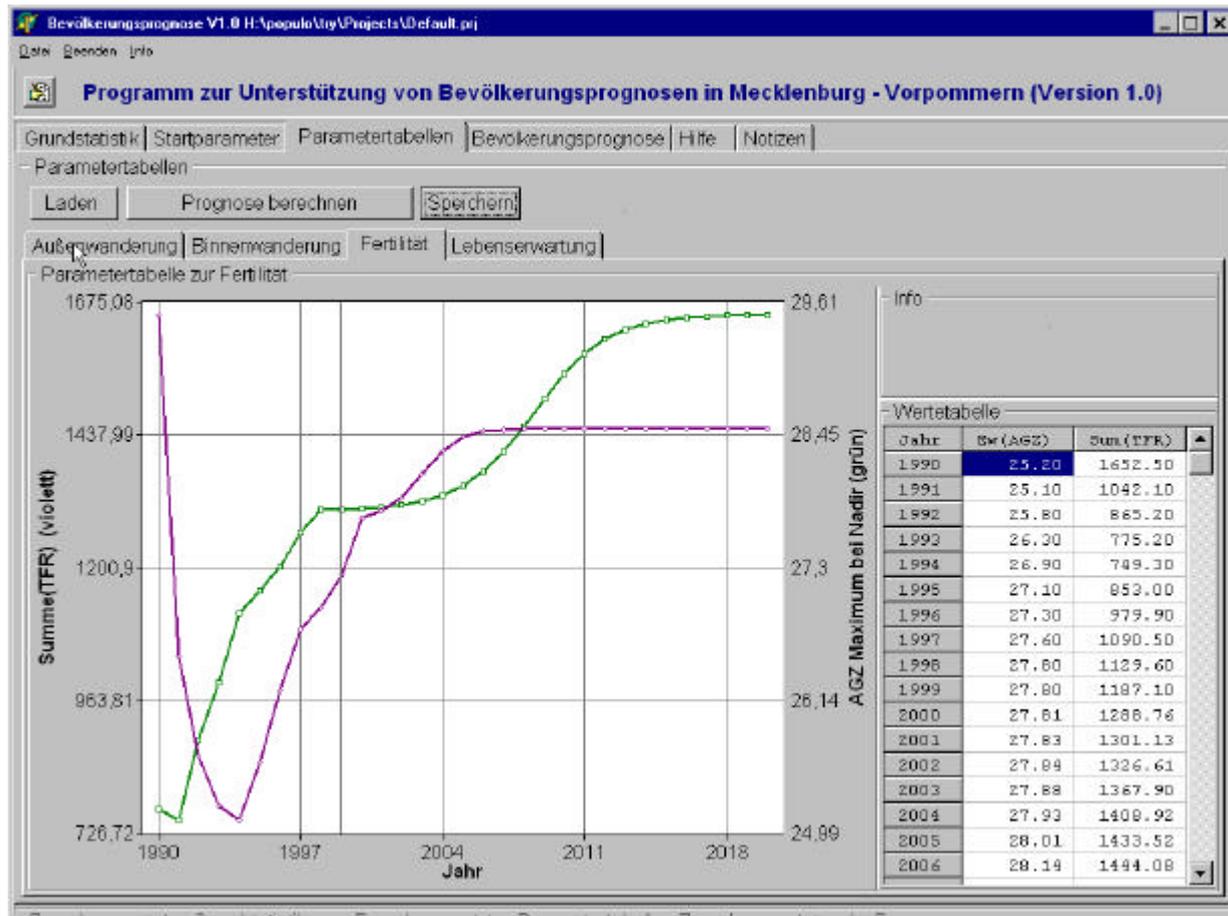


Abbildung 1: TFR und Lage des AGZ- Maximums

Die Wanderungsdaten weisen nach der statistischen Analyse in allen Regionaleinheiten eine deutliche Gruppenstruktur auf. Die „Wanderungsaktiven“ mit Maximalwanderungen bei den Altersgruppen 21 – 22 Jahre werden statistisch begleitet von einer „Kindergruppe“ bis 18 Jahre, einer „Residentengruppe“ um die 60 Jahre und einer „Altengruppe“ oberhalb 65 Jahre.

Nimmt man diese Wanderungsstruktur als fest an, so reicht es für die Prognose aus, die zu erwartenden absoluten Wanderungszahlen für den Prognosezeitraum abzuschätzen. Hat man dagegen Hinweise auf Veränderungen, z.B. im Verhältnis der Kindergruppe zur Aktivengruppe oder in der Entwicklung der Residentengruppe, so müssen diese Veränderungen durch Einführung weiterer Parameter berücksichtigt werden. Allein für die Wanderungsbeziehungen kommen 76 zusätzliche Parameter in die engere Wahl; die aus der Hinzunahme dieser Parameter resultierende „Variante Wissenschaft“ des Prognoseprogramms wird im Beitrag nicht behandelt.

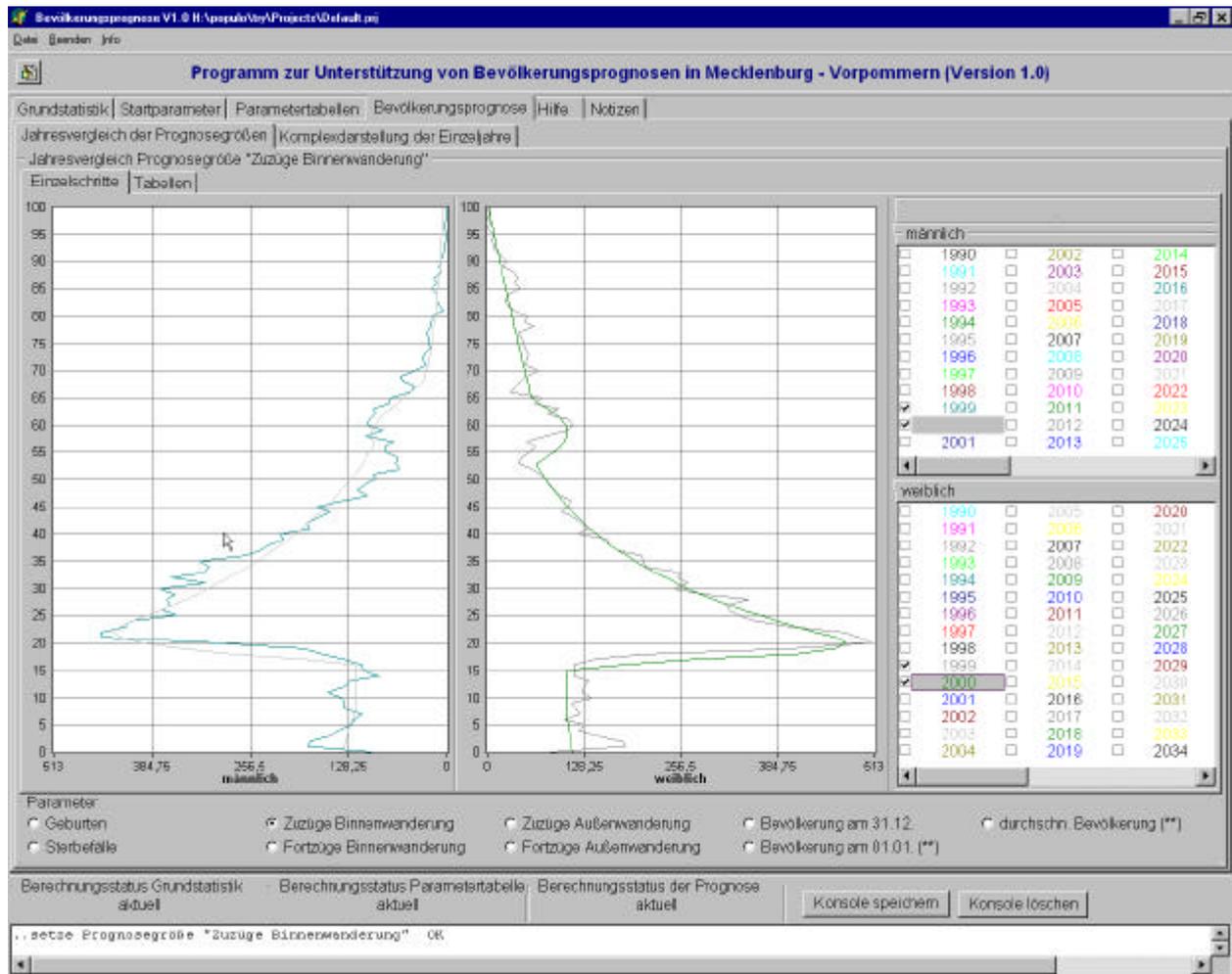
## 2. ENTWICKLUNG DER PROGNOSEPARAMETER

In der Literatur (MEYER & AUSUBEL 1996) konnte gezeigt werden, daß sich verschiedene Kennziffern der gesellschaftlichen Entwicklung näherungsweise als Summen von Wachstumsimpulsen auffassen lassen. Betrachtet man etwa die Wanderungsbewegungen in der Zeit, so werden durch bestimmte politische Entscheidungen oder Entwicklungen Wanderungswellen ausgelöst. Diese Wanderungswellen beginnen meist zögernd, gewinnen dann an Dynamik bis sie sich schließlich verlangsamen und einem bestimmten stabilen Niveau nähern. Die mathematische Modellierung dieser Entwicklung erfolgt durch sogenannte logistische Funktionen. In der Netzwerktechnik heißen diese Funktionen Sigmoid- Funktionen. Dort dienen sie dazu, Schaltvorgänge stetig abzubilden.

Ein entsprechendes Analyseprogramm, mit dessen Hilfe vorhandene Kennziffern in eine Summe von logistischen Funktionen zerlegt werden können, wurde am Institut für Geodatenverarbeitung entwickelt, implementiert und eingesetzt (BUCKMANN & HOFFMANN 1999).

Wenn nun die vorhandenen Kennziffern der Vergangenheit in logistische Impulse zerlegt werden können, so ist der Schluß plausibel, daß man sich auch für die Prognose von Parametern auf die Betrachtung der Summen solcher Impulse beschränken kann. Für den Demographen stellt sich dann die Frage, ob er aus mathematischen oder demographischen Überlegungen heraus derartige Impulse in der Zukunft ausmachen, zeitlich ansiedeln und hinsichtlich der Dynamik bewerten kann. Die folgende Abbildung 3 zeigt beispielhaft am Parameter „männliche Lebenserwartung“ die Erstellung einer Parameterentwicklung. Dabei wird angenommen, daß in der Zukunft zwei wesentliche Impulse die Erhöhung der Lebenserwartung bestimmen werden. Erstens ein Impuls, welcher seinen Höhepunkt im Jahr 2008 überschreitet, dessen wesentlicher Einfluß 6 Jahre anhält und dessen Effekt auf die Erhöhung der Lebenserwartung 2,5 Jahre betragen wird. Zweitens ein Impuls, welcher seinen Höhepunkt im Jahr 2018 überschreitet, dessen

wesentlicher Einfluß 2 Jahre anhält und dessen Effekt auf die Erhöhung der Lebenserwartung 1 Jahr betragen wird. Diese beiden Grundimpulse ergeben zusammen mit der statistischen Analyse den Parameterverlauf im oberen Fenster der Abbildung 3.



Abb

. 2: Zuzüge aus anderen Bundesländern

### 3. BERECHNUNG DER BEVÖLKERUNGSPROGNOSEN UND AUSWERTUNG DER ERGEBNISSE

Mit der Entwicklung aller Parameter der gewählten Parametrisierung hat man alle Einflußfaktoren für die zukünftige Bevölkerungsentwicklung festgelegt und kann die Berechnungen vornehmen. Dabei sind abhängig von den statistischen Daten ggf. Glättungsoperationen an den Daten des Basisjahres vorzunehmen.

Die Ergebnisse der Berechnung werden für jedes Vorausberechnungsjahr tabellarisch und graphisch ausgewertet. Abbildung 4 zeigt beispielhaft eine zusammenfassende Graphik für das im unteren Fenster selektierte Jahr 2020.

Das Programm wird gegenwärtig mit zusätzlichen Optionen zur weiterführenden Analyse, vor allem von Zeitreihen planerisch wichtiger Informationen, und mit einem Berichtsgenerator ausgestattet.

Abschließend kann festgestellt werden, daß das hier vorgestellte Modul zur Berechnung von Bevölkerungsprognosen schnell, transparent und einfach zu plausiblen Ergebnissen kommt. Es ist nicht nur möglich, eigene Kriterien und Berechnungen auszuführen, sondern auch vorhandene Prognosen nachzustellen und auf Plausibilität zu prüfen. Das Programm ist eine wesentliche Hilfe bei der Veranschaulichung der Wirksamkeit demographischer Parameter. Es soll in der Raumordnung und Landesplanung Mecklenburg-Vorpommerns die Arbeit bei demographischen Fragestellungen wesentlich erleichtern. Gerade im politischen Spannungsfeld der Gemeindegebietsreform und der Beurteilung neuer Schulentwicklungspläne der Landkreise und kreisfreien Städte kommt diesem Programm große Bedeutung zu.

### LITERATUR

- K. BUCKMANN & T. HOFFMANN 1999: Die Zerlegung der Sterbeziffern in logistische Impulse. Bericht und Programm am IfGDV Hinrichshagen. unveröff. FE- Bericht 1999.
- K. BUCKMANN 2000: Der Einsatz von Modellen mit logistischer Kapazität. Bericht und Programm am IfGDV Hinrichshagen. unveröff. FE-Bericht 2000.
- P. S. MEYER & J. H. AUSUBEL 1999: Carrying Capacity: A Model with Logistically Varying Limits. *Technological Forecasting and Social Change* 61(3). 209-214. 1999.
- P.S. MEYER & J.H. AUSUBEL 1996: Human Population Dynamics Revisited with the Logistic Model: How Much Can Be Modeled and Predicted ?. *Technological Forecasting and Social Change* 52,1-30, 1996.

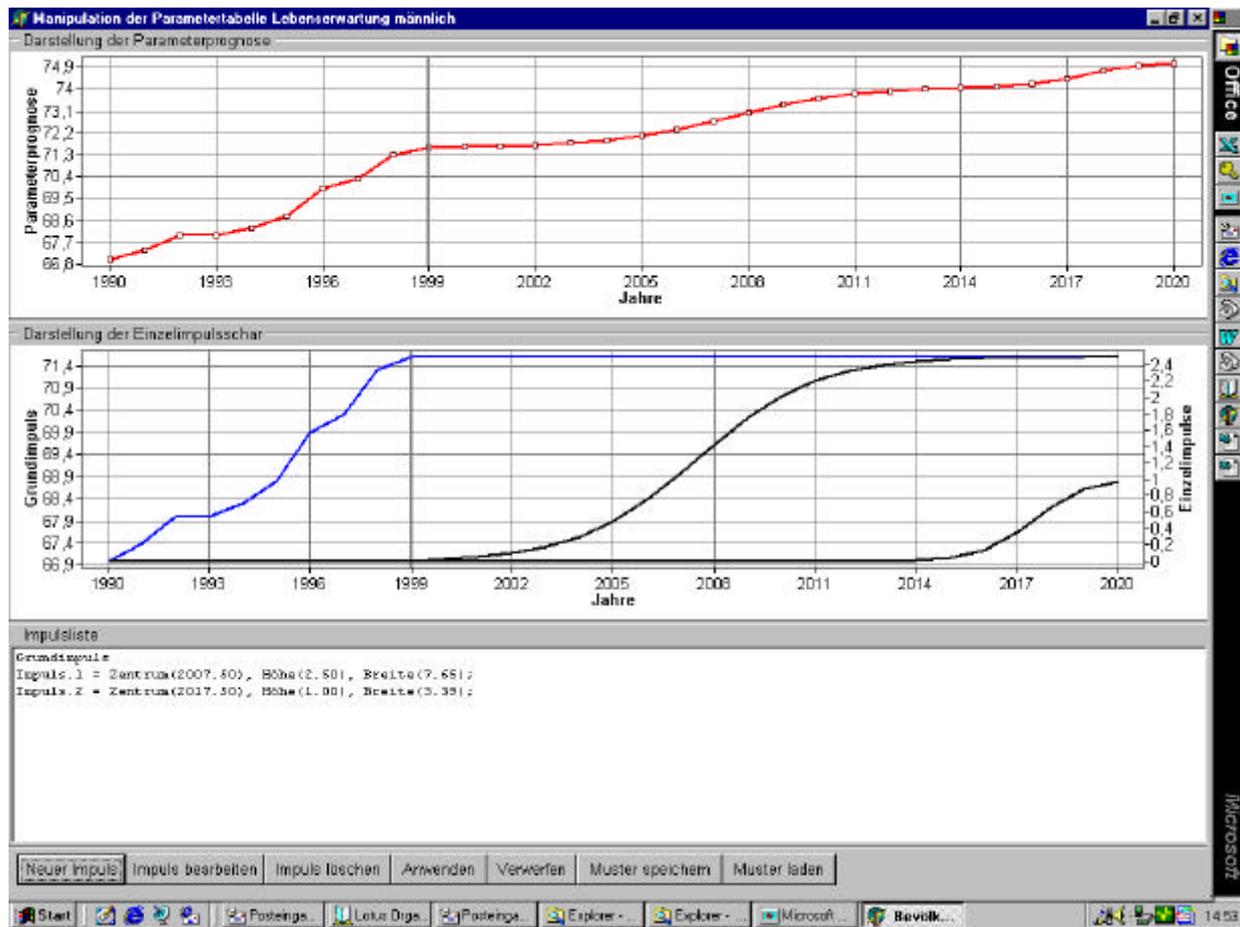


Abb. 3: Parameterentwicklung für die männliche Lebenserwartung (Beispiel)

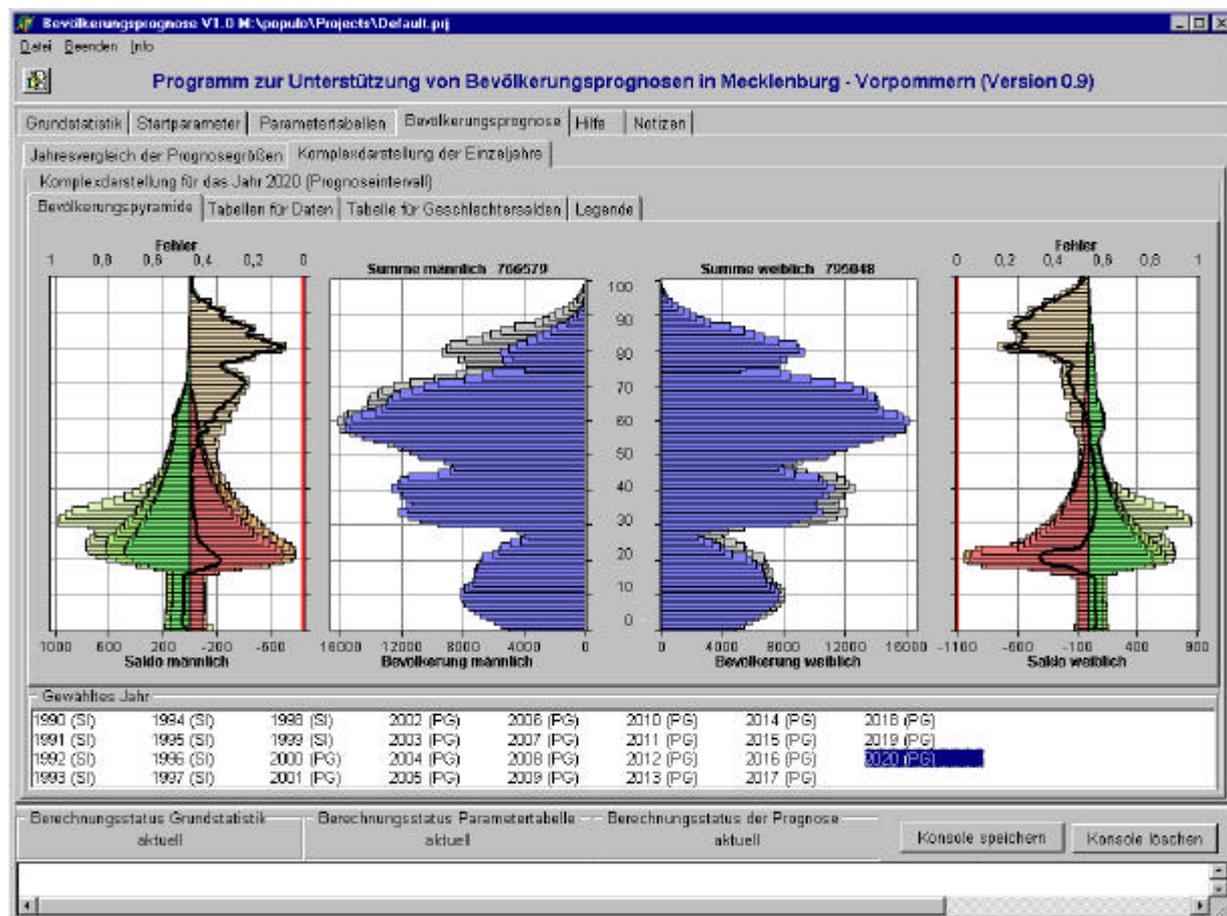


Abb.4 : Ergebnisdarstellung