

Groll, Dominik

**Article**

## Zur Entwicklung des Kapitalstocks infolge der demografischen Alterung

Kiel Insight, No. 2023.08

**Provided in Cooperation with:**

Kiel Institute for the World Economy – Leibniz Center for Research on Global Economic Challenges

*Suggested Citation:* Groll, Dominik (2023) : Zur Entwicklung des Kapitalstocks infolge der demografischen Alterung, Kiel Insight, No. 2023.08, Kiel Institut für Weltwirtschaft (IfW Kiel), Kiel

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/281052>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

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

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

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

**Terms of use:**

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

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

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

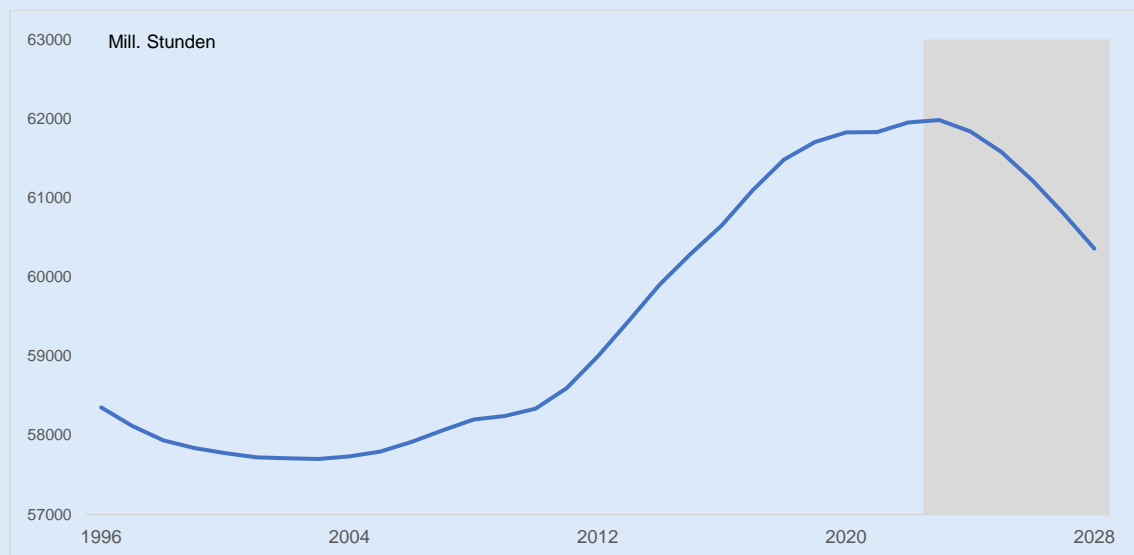
## Zur Entwicklung des Kapitalstocks infolge der demografischen Alterung

Dominik Groll

Im Zuge der alternden Bevölkerung überschreitet das Erwerbspersonenpotenzial und damit das gesamtwirtschaftlich geleistete Arbeitsvolumen in Deutschland in naher Zukunft seinen Zenit und mündet in einen auf Jahrzehnte angelegten Abwärtstrend. Wachstumstheoretischen Überlegungen zufolge führt dies aller Voraussicht nach zu einer höheren Kapitalintensität, da der Produktionsfaktor Arbeit relativ knapper wird. Die erhöhte Kapitalintensität führt für sich genommen zu einer höheren Arbeitsproduktivität und somit zu einem höheren Lohnniveau. Im Folgenden sollen diese Wirkungszusammenhänge näher beleuchtet werden. Mögliche Auswirkungen der demografischen Alterung auf den technischen Fortschritt bleiben dabei unberücksichtigt.

Das gesamtwirtschaftliche Produktionspotenzial wird neben dem technischen Fortschritt maßgeblich von den verfügbaren Mengen der Produktionsfaktoren Kapital und Arbeit bestimmt. Als Maß für den Faktor Arbeit wird in Potenzialschätzverfahren das potenzielle Arbeitsvolumen herangezogen, also die Summe der gesamtwirtschaftlich geleisteten Arbeitsstunden bereinigt um konjunkturbedingte Schwankungen, die insbesondere bei der Erwerbslosigkeit und bei der Arbeitszeit (v.a. in Form von Kurzarbeit) auftreten. Beim potenziellen Arbeitsvolumen zeichnet sich in naher Zukunft eine fundamentale Trendwende ab. Seit Mitte der 2000er Jahre stieg das Arbeitsvolumen spürbar um insgesamt rund 7 Prozent (Abbildung 1). Getrieben wurde dieses Wachstum vor allem durch eine gestiegene Erwerbsbeteiligung insbesondere von Frauen und Älteren sowie durch eine gesunkene Erwerbslosenquote (NAWRU). In naher Zukunft beginnt das Arbeitsvolumen allerdings zu schrumpfen – unserer Projektion zufolge bis zum Jahr 2028 um durchschnittlich 0,5 Prozent pro Jahr.<sup>a</sup> Ein Rückgang ist auch jenseits der mittleren Frist – auf Jahrzehnte – angelegt. Hellwagner, Söhnlein und Weber (2023) prognostizieren einen Rückgang des Erwerbspersonenpotenzials zwischen dem Jahr 2021 und 2060 um 12 Prozent. Grund ist die fortschreitende Alterung der Bevölkerung. Zum einen dämpft diese die gesamtwirtschaftliche Partizipationsquote, da die Erwerbsbeteiligung mit zunehmendem Alter der Erwerbspersonen sinkt (selbst wenn die alterskohortenspezifische Erwerbsbeteiligung voraussichtlich weiter zulegt). Zum anderen führt das Ausscheiden geburtenstarker Jahrgänge („Babyboomer“) aus dem Erwerbsleben dazu, dass die Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter schrumpft.

**Abbildung 1**  
Potenzielles Arbeitsvolumen



Jahresdaten.

Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 1.2; Berechnungen des IfW Kiel; grau hinterlegt: Projektion des IfW Kiel.

### Solow-Swan-Modell

Welche Folgen ergeben sich aus dem langfristig angelegten schrumpfenden Arbeitsvolumen für den Kapitalstock und das Produktionspotenzial? Und was impliziert dies für die Kapitalintensität, die Arbeitsproduktivität und den Lohnsatz? Einen ersten Eindruck vermittelt bereits das einfache Solow-Swan-Modell (Solow 1956, Swan 1956) – dem Grundmodell der neoklassischen Wachstumstheorie. Wie sich zeigt, bleiben die auf Basis dieses Modells getroffenen, grundlegenden Schlussfolgerungen aber auch in differenzierteren und komplexeren Modellen bestehen.

Das Solow-Swan-Modell beruht auf folgenden Gleichungen:

- (1) Produktionsfunktion:  $Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}$
- (2) Bewegungsgesetz für den Kapitalstock:  $K_{t+1} = (1 - \delta)K_t + I_t$
- (3) Investitionen (=Ersparnis):  $I_t = sY_t$
- (4) Verwendungsgleichung:  $Y_t = C_t + I_t$

Das Bruttoinlandsprodukt (Y) wird mit den Produktionsfaktoren Kapital (K) und Arbeit (L) sowie mithilfe eines arbeitssparenden technischen Fortschritts (A) produziert. Die Produktionsfunktion ist vom Cobb-Douglas-Typ mit konstanten Skalenerträgen und mit Produktionselastizitäten  $\alpha$  und  $1 - \alpha$ . Der Kapitalstock verringert sich von Jahr zu Jahr in Höhe der Abschreibungsrate ( $\delta$ ) und erhöht sich in Höhe der Investitionen (I). Gespart wird ein konstanter Anteil des Bruttoinlandsprodukts in Höhe der Sparquote (s). Als Modell einer geschlossenen Volkswirtschaft entspricht die Ersparnis den Investitionen. Der übrige Teil der Produktion steht für den Konsum (C) zur Verfügung.

Wir setzen die Produktionselastizität des Faktors Kapital ( $\alpha$ ) auf 0,35 und die jährliche Abschreibungsrate ( $\delta$ ) auf 2,5 Prozent. Diese Werte entsprechen in etwa empirisch ermittelten Werten, die auch der von uns durchgeführten Potenzialschätzung zugrunde liegen. Die Abschreibungsrate ergibt sich aus dem Bewegungsgesetz für den Kapitalstock (Gleichung 2). Für den Kapitalstock wird das Bruttoanlagevermögen und für die Investitionen die Bruttoanlageinvestitionen laut Volkswirtschaftlicher Gesamtrechnungen herangezogen. Die so berechneten „Abschreibungen“ entsprechen daher nicht den Wertminderungen von Anlagegütern durch normalen Verschleiß, sondern den Abgängen im Sinne von Verschrottung und Abbruch am Ende der Nutzungsdauer (Gühler und Schmalwasser 2020). Dies ist mit Blick auf die verfügbaren Produktionskapazitäten adäquat. Die gesamtwirtschaftliche Sparquote (s) setzen wir auf 20 Prozent, was von der Größenordnung in Einklang steht mit dem langjährigen Mittel der Investitionsquote (Bruttoanlageinvestitionen im Verhältnis zum Bruttoinlandsprodukt). Dies ist nicht mit der üblicherweise deutlich geringeren Sparquote zu verwechseln, die für die privaten Haushalte ausgewiesen wird, da diese die Abschreibungen nicht mehr enthalten. Der arbeitssparende technische Fortschritt wächst annahmegemäß mit einer Rate von 1 Prozent pro Jahr.

Ausgangspunkt der Simulation ist eine Wachstumsrate des Arbeitseinsatzes von 0,5 Prozent pro Jahr – in etwa die Wachstumsrate des potenziellen Arbeitsvolumens während der 2010er Jahre. Diese fällt im Jahr 1 der Simulation exogen um 1 Prozentpunkt auf -0,5 Prozent – dies entspricht der durchschnittlichen Rate bis zum Jahr 2028 gemäß unserer Potenzialschätzung sowie in etwa der Rate, mit der das Erwerbspersonenpotenzial bis zum Jahr 2060 laut Prognose von Hellwagner, Söhnlein und Weber (2023) schrumpft.

Das Modell startet auf dem alten gleichgewichtigen Wachstumspfad, entlang dessen das Bruttoinlandsprodukt um 1,5 Prozent pro Jahr wächst, was der Summe der Rate des technischen Fortschritts (1 Prozent) und der des Arbeitsvolumens (0,5 Prozent) entspricht (Abbildung 2). Investitionen und Kapitalstock wachsen mit derselben Rate. Die Kapitalintensität (K/L) wächst hingegen nur mit der Rate des technischen Fortschritts von 1 Prozent, da ein Teil der Investitionen für die Kapitalausstattung der neu hinzukommenden Arbeitskräfte erforderlich ist. Die Arbeitsproduktivität (Y/L), die von der Kapitalintensität gemäß der Gleichung

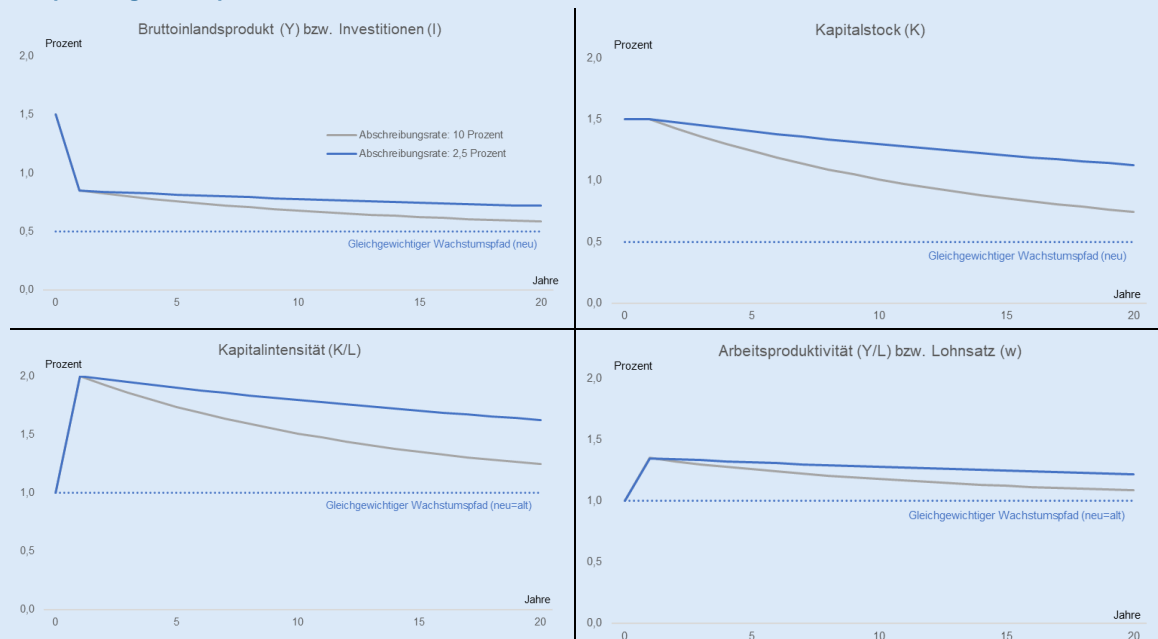
$$(5) \quad \frac{Y_t}{L_t} = A_t^{1-\alpha} \left( \frac{K_t}{L_t} \right)^\alpha$$

abhängt, wächst ebenfalls nur mit der Rate des technischen Fortschritts von 1 Prozent.

Das Sinken der Wachstumsrate des Arbeitsvolumens um 1 Prozentpunkt führt dazu, dass die Wachstumsrate des Bruttoinlandsprodukts langfristig (d.h. entlang des neuen gleichgewichtigen Wachstumspfads) ebenfalls um 1 Prozentpunkt sinkt – von 1,5 Prozent auf 0,5 Prozent. Gleiches gilt für die Rate der Investitionen und die des Kapitalstocks. Die Kapitalintensität und damit die

Arbeitsproduktivität wachsen im neuen Gleichgewicht hingegen weiterhin mit ihrer ursprünglichen Rate von 1 Prozent, da sie nur vom technischen Fortschritt abhängen, der annahmegemäß nicht auf das Arbeitsvolumen reagiert.

**Abbildung 2**  
Anpassung des Kapitalstocks an ein sinkendes Arbeitsvolumen



Veränderung zum Vorjahr in Prozent; Kapitalintensität: Kapitalstock in Relation zum Arbeitsvolumen; Arbeitsproduktivität: Bruttoinlandsprodukt in Relation zum Arbeitsvolumen; Lohnsatz: Lohn je Stunde, preisbereinigt; gleichgewichtiger Wachstumspfad: langfristige Wachstumsrate nach vollständiger Anpassung aller gesamtwirtschaftlicher Größen an die veränderte Wachstumsrate des Arbeitsvolumens.

Quelle: Berechnungen des IfW Kiel auf Basis des Solow-Swan-Modells.

Bis das neue Wachstumsgleichgewicht erreicht ist, dauert es allerdings Jahrzehnte. Grund ist, dass sich der Kapitalstock als Bestandsgröße nur sehr langsam anpasst. Zwar reagieren das Bruttoinlandsprodukt und die Investitionen als Flussgrößen relativ schnell auf das sinkende Arbeitsvolumen, der Kapitalstock vermindert sich allerdings nur in Höhe der Abschreibungsrate von 2,5 Prozent pro Jahr. Nach 20 Jahren hat sich die Wachstumsrate des Kapitalstocks gerade einmal von 1,5 Prozent auf 1,1 Prozent abgeschwächt. Die zeitverzögerte Anpassung des Kapitalstocks an das Arbeitsvolumen führt dazu, dass die Kapitalintensität und damit die Arbeitsproduktivität vorübergehend schneller wachsen.<sup>b</sup> Die zwischenzeitlich erhöhten Wachstumsraten bedeuten zudem, dass die Kapitalintensität und die Arbeitsproduktivität langfristig einen im Niveau permanent höheren gleichgewichtigen Wachstumspfad erreichen.<sup>c</sup>

Bei vollständiger Konkurrenz wird der Faktor Arbeit gemäß seines Grenzprodukts entlohnt. Demzufolge ergibt sich der (preisbereinigte) Lohnsatz als

$$(6) \quad w_t = (1 - \alpha) \frac{Y_t}{L_t}$$

Somit erreicht auch der Lohnsatz einen permanent höheren Pfad bei langfristig unveränderter Wachstumsrate.<sup>d</sup> Letztlich ist dies Folge der Tatsache, dass Arbeit relativ zu Kapital knapper wird. Die höhere Kapitalintensität erhöht die Produktivität des Faktors Arbeit und damit seine Entlohnung. Umgekehrt gilt: Die höhere Kapitalintensität verringert die Produktivität des Faktors Kapital ( $Y/K$ ) und damit seine Entlohnung – der Realzins sinkt auf ein niedrigeres Niveau.<sup>e</sup>

Im Solow-Swan-Modell hängt die Anpassungsgeschwindigkeit des Kapitalstocks und damit der übrigen gesamtwirtschaftlichen Größen unter anderem von der Höhe der Abschreibungsrate ab. Setzt man diese z.B. auf 10 Prozent pro Jahr – ein in der Forschungsliteratur am oberen Rand liegender Wert –, ist die Anpassungsgeschwindigkeit deutlich höher. So hätte sich die Wachstumsrate des Kapitalstocks nach 20 Jahren von 1,5 Prozent bereits auf 0,7 Prozent abgeschwächt, so dass dann bereits über die Hälfte der Anpassung vollzogen wäre. Auch wenn 10 Prozent sehr hoch gegriffen sind, so scheint ein Anstieg der Abschreibungsrate ausgehend von derzeit 2,5 Prozent in Zukunft nicht unplausibel. So lag die Abschreibungsrate in den 1990er Jahren noch bei 1,5 Prozent und ist seitdem aufwärtsgerichtet. Ein wichtiger Grund dürfte sein, dass das Alter des Kapitalstocks in den vergangenen Jahrzehnten stetig stieg, da umfangreiche Investitionen in Anlagegüter mit langer Nutzungsdauer, insbesondere Wohnbauten und

Infrastrukturbauten, weit in der Vergangenheit liegen, zuletzt im Zuge der Wiedervereinigung (Grömling, Hüther und Jung 2019, Gühler und Schmalwasser 2020, Michelsen und Junker 2023). Sofern es hier in Zukunft zu keiner deutlichen Beschleunigung der Investitionen kommt, nimmt das Alter des Kapitalstocks und somit die „Abschreibungsrate“ – im Sinne von Verschrottung und Abbruch am Ende der Nutzungsdauer – weiter zu.

Eine höhere Rate des arbeitssparenden technischen Fortschritts erhöht ebenfalls die Anpassungsgeschwindigkeit. Innerhalb der Bandbreite, in der sich die Rate typischerweise bewegt, ist die Größe des Effekts auf die Anpassungsgeschwindigkeit allerdings sehr gering. Keinen Einfluss auf die Anpassungsgeschwindigkeit hat hingegen die Höhe der Sparquote, da sich im Falle der Cobb-Douglas-Produktionsfunktion zwei gegenläufige Effekte exakt aufheben. Dies ist nicht zuletzt auch der Annahme einer konstanten Sparquote geschuldet.

### Generationenmodelle

Die Annahme einer konstanten Spar- und damit Investitionsquote im Solow-Swan-Modell ist restriktiv – im Allgemeinen, aber auch und insbesondere im Kontext von demografischen Veränderungen. Die einfachste Modellerweiterung, um das Konsum-, Spar- und Investitionsverhalten zu endogenisieren, ist bekannt als Ramsey-Cass-Koopmans-Modell (Ramsey 1928, Cass 1965, Koopmans 1965). In diesem Modell reagieren Konsum und Investitionen auf den erwarteten zukünftigen Realzins im Sinne einer intertemporalen Nutzenmaximierung.

Aber auch im Ramsey-Cass-Koopmans-Modell fehlen zentrale Wirkungskanäle, die die Effekte der Alterung der Bevölkerung auf das Wirtschaftswachstum kennzeichnen, allen voran über die Ersparnisbildung. So führt eine steigende Lebenserwartung bei konstantem Renteneintrittsalter zu einer höheren Ersparnis von erwerbstätigen Personen. Andererseits dämpft ein wachsendes Verhältnis von Personen im Ruhestand zu Erwerbstätigen (Altenquotient) für sich genommen die gesamtwirtschaftliche Sparquote durch einen Kompositionseffekt. Diese und weitere Wirkungskanäle werden typischerweise von sog. Generationenmodellen (*overlapping generations models*) berücksichtigt, die explizit das ökonomische Verhalten der Akteure über den Lebenszyklus hinweg modellieren und in den allermeisten Fällen ein umlagefinanziertes Rentensystem enthalten, wie es in Deutschland und vielen anderen entwickelten Ländern existiert. In diesen, teilweise sehr großen und komplexen Modellen bleiben die oben auf Basis des Solow-Swan-Modells getroffenen Kernaussagen nichtsdestotrotz bestehen. Dies bedeutet insbesondere, dass der ersparisdämpfende Effekt des steigenden Altenquotients in der Regel nicht dominiert. Zu den neueren Forschungsarbeiten für Deutschland und andere europäische Volkswirtschaften gehören Vogel, Ludwig und Börsch-Supan (2017), Bielecki, Brzoza-Brzezina und Kolasa (2020) sowie Papetti (2021). Forschungsarbeiten für andere fortgeschrittene Volkswirtschaften wie die USA kommen qualitativ zu den gleichen Ergebnissen (z.B. Gagnon, Johannsen und López-Salido 2021). Für die qualitativen Aussagen spielt es dabei keine entscheidende Rolle, ob die Modelle eine geschlossene oder offene Volkswirtschaft modellieren, da die Alterung der Bevölkerung ein globales Phänomen ist, das sich zwischen den verschiedenen Ländern und Regionen im Wesentlichen hinsichtlich des Tempos bzw. der Position innerhalb des Alterungsprozesses unterscheidet.

### Diskussion

In der Forschungsliteratur auf Basis struktureller gesamtwirtschaftlicher Modelle ist der Befund relativ eindeutig: Die Alterung der Bevölkerung führt für sich genommen dazu, dass die Kapitalintensität zunimmt, da Kapital im Vergleich zum Arbeitseinsatz reichlicher vorhanden sein wird. Die erhöhte Kapitalintensität führt für sich genommen zu einer höheren Arbeitsproduktivität und somit zu einem höheren Lohnniveau.

Die Arbeitsproduktivität wird allerdings nicht nur von der Kapitalintensität, sondern auch vom technischen Fortschritt bestimmt. Ob und wie dieser von der Alterung der Bevölkerung beeinflusst wird, ist deutlich schwieriger zu beantworten. In den meisten Wachstums- und Generationenmodellen wird der technische Fortschritt als exogener Prozess angenommen, so dass die Alterung auf ihn annahmegemäß keinen Einfluss ausübt. Die wenigen Ausnahmen, die technischen Fortschritt als endogenen Prozess modellieren (*endogenous growth models*), sind sich hinsichtlich des Vorzeichens uneinig. Heer und Irmen (2014) beispielsweise berücksichtigen einen bereits von Hicks (1932) beschriebenen Mechanismus, wonach eine Verknappung und in der Folge Verteuerung des Faktors Arbeit Investitionen in arbeitssparenden technischen Fortschritt lohnender machen. Die Alterung erhöht demnach die Rate des technischen Fortschritts. Ähnlich argumentieren auch Acemoglu und Restrepo (2017). Andererseits liegen empirische Hinweise vor, dass die Innovationskraft (z.B. gemessen an der Zahl der Patentanmeldungen) mit dem Alter der Erwerbsbevölkerung erst zu- und dann abnimmt. Aksoy et al. (2019), die diesen Mechanismus in ihrem Modell explizit berücksichtigen, kommen zu dem Ergebnis, dass unter solchen Umständen die Alterung in entwickelten Volkswirtschaften aufgrund des fortgeschrittenen Alters der Bevölkerung den technischen Fortschritt dämpft.

Von der Arbeitsproduktivität (Bruttoinlandsprodukt je Erwerbstätigenstunde) zu unterscheiden ist das Bruttoinlandsprodukt je Einwohner. Dies wird neben der Stundenproduktivität zusätzlich vom Anteil der Erwerbstätigen an der Bevölkerung sowie von der durchschnittlichen Arbeitszeit je Erwerbstätigen beeinflusst, die beide im Zuge der Alterung unter Druck geraten. Ein Anstieg der Arbeitsproduktivität darf daher nicht mit einem Anstieg des Bruttoinlandsprodukts je Einwohner gleichgesetzt werden.

<sup>a</sup> Dies steht in Einklang mit den Schätzungen der Projektgruppe Gemeinschaftsdiagnose (2023).

<sup>b</sup> Das Bruttoinlandsprodukt reagiert also nur unterproportional auf das Arbeitsvolumen.

<sup>c</sup> Dies entspricht einer Parallelverschiebung des logarithmierten Wachstumspfads nach oben bei unveränderter Steigung.

<sup>d</sup> Bei unvollständiger Konkurrenz (Marktmacht) wird das Lohnniveau zwar von zusätzlichen Parametern beeinflusst (z.B. Preiselastizität der Güternachfrage). Diese sind allerdings typischerweise unabhängig vom Wachstum des Arbeitsvolumens, so dass auch unter solchen Marktgegebenheiten ein höheres Niveau der Arbeitsproduktivität zu einem höheren Lohnniveau führt. Zudem bleibt für das Lohnwachstum in der langen Frist das Wachstum der Arbeitsproduktivität maßgeblich.

<sup>e</sup> Der Realzins weist entlang des gleichgewichtigen Wachstumspfads der Wirtschaft keinen Trend auf, sondern bleibt konstant. Während der technische Fortschritt die Kapitalproduktivität erhöht, verringert die wachsende Kapitalintensität die Kapitalproduktivität. Diese beiden Effekte heben sich auf, so dass die Kapitalproduktivität und damit der Realzins konstant bleiben.