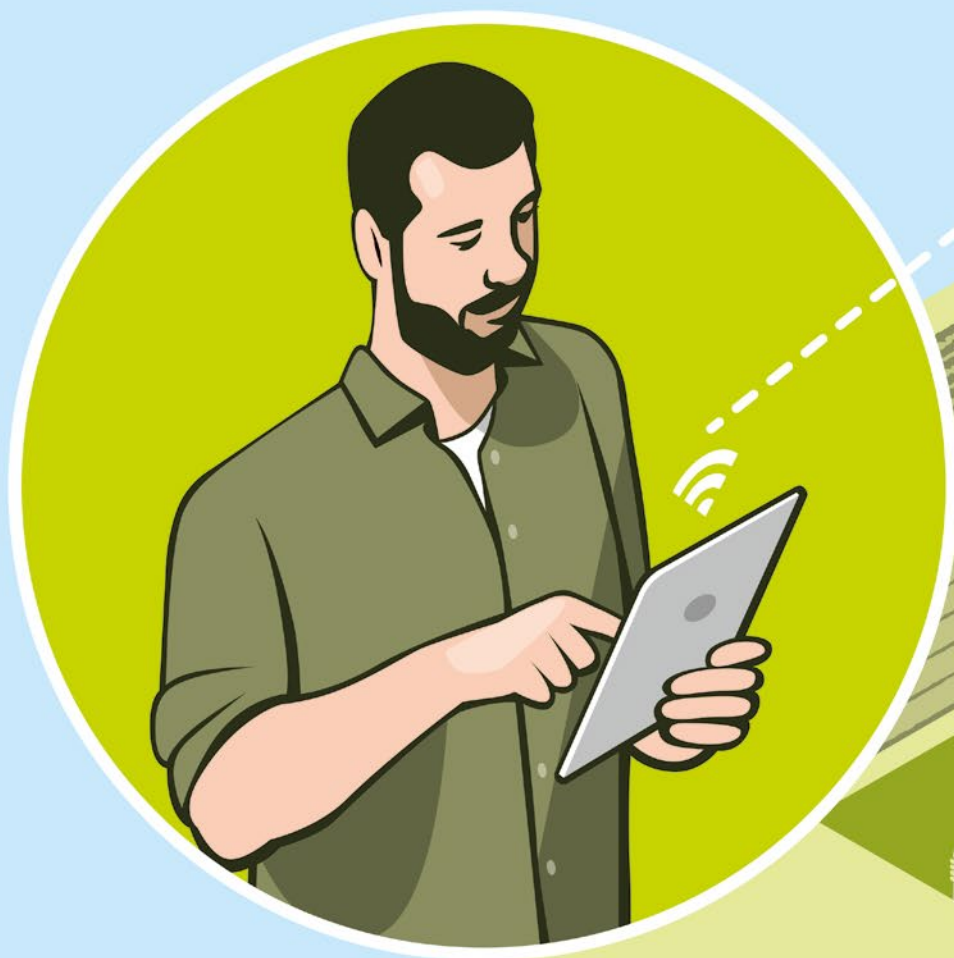


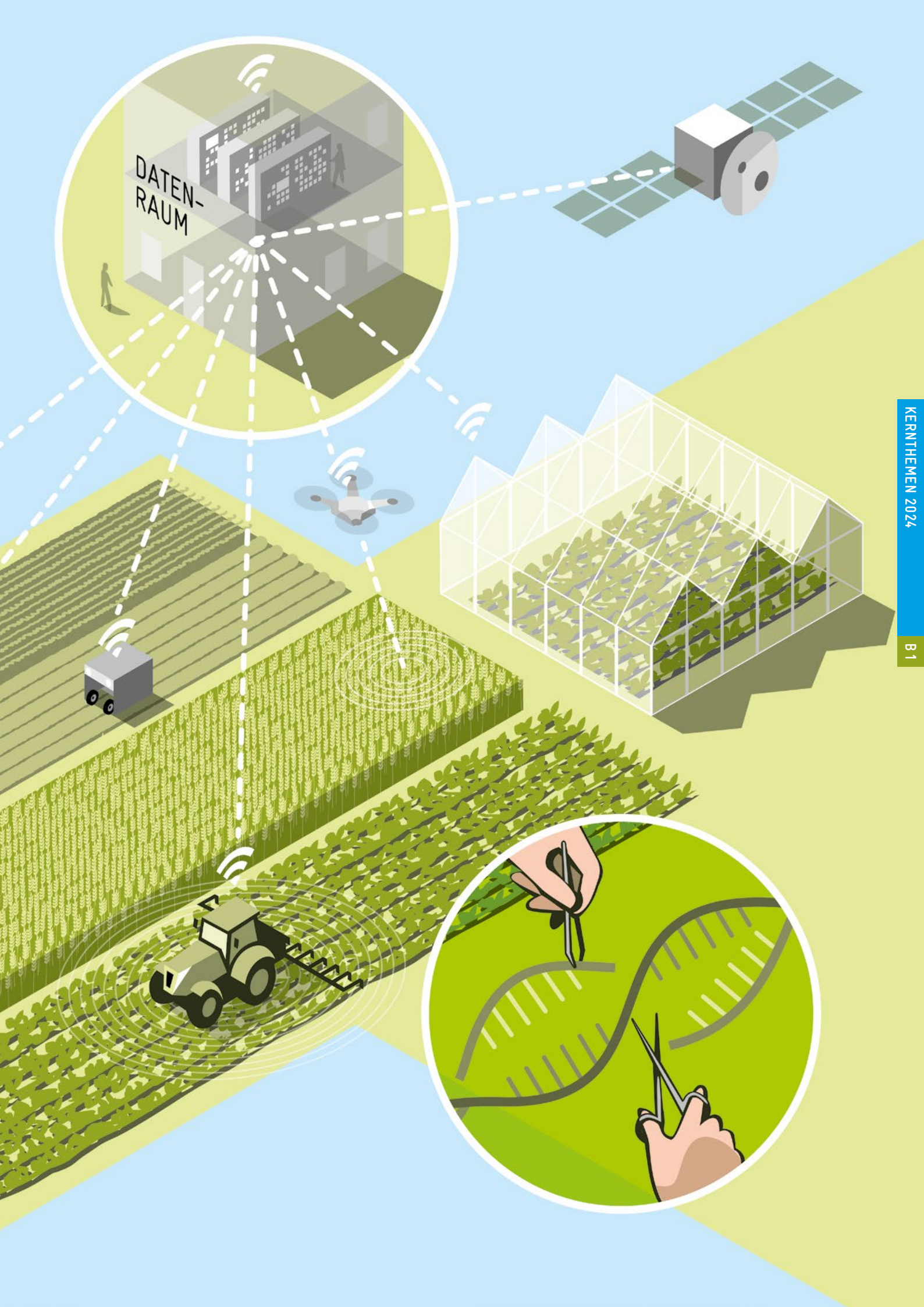
# B 1 Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)







DATEN-  
RAUM

# B 1 Neue Technologien für eine nachhaltige Landwirtschaft

Die Landwirtschaft steht weltweit vor großen Herausforderungen. Die im Rahmen der Agenda 2030 der Vereinten Nationen formulierten Ziele für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs) fordern einerseits die Bekämpfung des Hungers, andererseits einen nachhaltigen Umgang mit der natürlichen Umwelt, den Erhalt der Biodiversität und die Bekämpfung des Klimawandels. Die Landwirtschaft, die selbst vom Klimawandel betroffen ist, muss tendenziell größere Mengen an Nahrungsmitteln mit weniger umweltbelastenden Betriebsmitteln wie Pflanzenschutz- und Düngemitteln bei gleichzeitig schrumpfenden Flächen produzieren.<sup>115</sup> Um diesen Spagat zu meistern, ist eine umfassende Transformation des Agrarsystems – und sicherlich auch eine Veränderung der Ernährungsgewohnheiten – notwendig. Auch im Pflanzenbau, auf den sich dieses Kapitel konzentriert, ist ein umfassender technologischer Wandel erforderlich.<sup>116</sup> Chancen bieten hierbei der Einsatz digitaler und smarterer Technologien, insbesondere ressourcenschonender Präzisionstechnologien, aber auch Verfahren der Grünen Gentechnik, die die Züchtung von klimaresistenteren und gleichzeitig nährstoffreicheren Pflanzen ermöglichen.

Der Einsatz dieser neuen Technologien wird allerdings noch durch zahlreiche Hemmnisse eingeschränkt. In Bezug auf digitale und smarte Technologien mangelt es an digitaler Infrastruktur und Interoperabilität zwischen Hardware und digitalen Anwendungen. Für den Einsatz ressourcenschonender Präzisionstechnologien fehlen bislang Anreize, umweltbelastende Inputfaktoren zu reduzieren. Aber auch die Züchtung neuer Nutzpflanzen mit Hilfe der Gentechnik stößt in Europa und in Deutschland auf zahlreiche Hürden bei den rechtlichen Rahmenbedingungen und der Akzeptanz.

Die Expertenkommission fordert daher die Bundesregierung und insbesondere das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL), das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz (BMUV) sowie das Bundesministerium für Digitales und Verkehr (BMDV) auf, zum einen, stärkere Anreize für den Einsatz digitaler und smarterer Agrartechnologien zu setzen und die dafür erforderlichen Infrastrukturprobleme zu lösen, und zum anderen, den Vorschlag der EU-Kommission zur Reform der verfahrensbasierten Regelungen für den Einsatz neuer Züchtungstechniken aktiv zu unterstützen. Langfristig sollte die verfahrensbasierte Regulierung auf eine Regulierung der Eigenschaften der gezüchteten Pflanzen umgestellt werden.

## B 1-1 Herausforderungen für die Landwirtschaft

Bevölkerungswachstum, Klimawandel, der Rückgang der landwirtschaftlich nutzbaren Flächen sowie die durch die Landwirtschaft selbst verursachten negativen Effekte auf die Umwelt wie Biodiversitätsverlust und Grundwasserbelastung stellen die Landwirtschaft vor große Herausforderungen.

### Ernährungssicherung als Herausforderung für Landwirtschaft

Die Vereinten Nationen haben in den SDGs u. a. das Ziel formuliert, bis 2030 alle Formen von Hunger und Unterernährung zu beseitigen. Dieses Ziel soll erreicht werden, indem Produktion und Produktivität in der Landwirtschaft gesteigert werden, die Anpassung an den Klimawandel erfolgt und gleichzeitig die Anbaumethoden nachhaltiger werden, um



die natürlichen Ökosysteme zu schützen und die Bodenqualität zu erhalten.<sup>117</sup> Die Herausforderung besteht also darin, die bestehenden intensiven landwirtschaftlichen Praktiken in nachhaltigere Wirtschaftsformen zu transformieren und gleichzeitig die Deckung des Bedarfs an Nahrungsmitteln<sup>118</sup> bei einer wachsenden Weltbevölkerung<sup>119</sup> sicherzustellen.

### Klimawandel als Herausforderung für Landwirtschaft

Extreme Wetterereignisse haben in Deutschland in den letzten 20 bis 30 Jahren stark zugenommen.<sup>120</sup> Dieser Trend wird sich nach den Prognosen des Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) in Mittel- und Westeuropa in Zukunft mit hoher Wahrscheinlichkeit fortsetzen. Die größten klimabedingten Herausforderungen für die landwirtschaftliche Produktion in Deutschland sind die Zunahme der Winterniederschläge mit erhöhter Erosionsgefahr und Nährstoffauswaschung sowie die Zunahme von Trockenperioden während der Hauptwachstumsphase.<sup>121</sup> Dabei wirken sich die Klimaveränderungen regional und über die Vegetationsperioden hinweg unterschiedlich auf verschiedene Kulturpflanzen aus.<sup>122</sup> Ebenso beeinflusst der Klimawandel die Lebensbedingungen von Schadorganismen, die indirekt die landwirtschaftliche Produktion beeinträchtigen.<sup>123</sup> Die Folgen sind Qualitäts- und Ertrags-einbußen bei landwirtschaftlichen Produkten.<sup>124</sup>

### Landwirtschaft als Verursacher von Klima- und Umweltschäden

Die Landwirtschaft ist nicht nur vom Klimawandel betroffen, sondern trägt durch Emissionen – insbesondere von Methan und Lachgas –, aber auch durch Landnutzungsänderungen – insbesondere durch die

Umwandlung von Wäldern und Mooren in landwirtschaftliche Nutzflächen – erheblich zum Klimawandel bei. Darüber hinaus hat die Landwirtschaft durch die Zufuhr von Nährstoffen und die Ausbringung von Pflanzenschutzmitteln negative Auswirkungen auf Grund- und Oberflächenwasser sowie auf angrenzende natürliche Ökosysteme, insbesondere auf deren biologische Vielfalt.<sup>125</sup> Eine reiche Biodiversität spielt für die Resilienz der Agrarökosysteme und für die Produktivität der Böden eine wichtige Rolle. Sie fördert ein optimales Zusammenspiel der Prozesse in der Natur,<sup>126</sup> was sich wiederum positiv auf die landwirtschaftliche Produktion auswirkt.<sup>127</sup>

Schließlich stellt die Entnahme von Grund- und Oberflächenwasser zu Bewässerungszwecken in vielen Teilen der Welt ein erhebliches Problem dar. Auch wenn die Landwirtschaft in Deutschland bei der Wasserentnahme bisher eine untergeordnete Rolle spielt, kann sich dies aufgrund längerer Trockenperioden in Zukunft ändern.<sup>128</sup> In weiten Teilen Deutschlands sind die Grundwasservorkommen bereits heute in einem kritischen Zustand.<sup>129</sup>

Um den Herausforderungen des Klimawandels und des Biodiversitätsverlusts begegnen zu können und die Ernährungssicherung zu gewährleisten, ist ein umfassender technologischer Wandel in der Landwirtschaft erforderlich. Digitale und smarte Technologien, insbesondere ressourcenschonende Präzisionstechnologien, sowie Verfahren der Grünen Gentechnik zur Züchtung klimaresistenter Pflanzen mit verbesserter Schaderreger-Resistenz und verbesserter Nährstoffaufnahme bieten neue Lösungsansätze. Inwieweit die Potenziale dieser Technologien ausgeschöpft werden können, hängt jedoch nicht zuletzt von den Anreizen, Kompetenzen und Rahmenbedingungen im landwirtschaftlichen Sektor ab.<sup>130</sup>

#### Box B 1-1 Deutscher Agrarsektor

Das Bruttoinlandsprodukt (BIP) des Agrarsektors betrug im Jahr 2021 circa 28,9 Milliarden Euro, was einem Anteil von 0,8 Prozent am gesamten deutschen BIP entsprach.<sup>131</sup> Im Jahr 2020 waren 937.900 Personen in landwirtschaftlichen Betrieben beschäftigt.<sup>132</sup> Dies entsprach ca. 2 Prozent der Erwerbstätigen in Deutschland.<sup>133</sup> Rund 50,5 Prozent der Gesamtfläche in Deutschland werden landwirtschaftlich genutzt, davon 70,3 Prozent

als Ackerland.<sup>134</sup> Die Landwirtschaft war im Jahr 2022 für 7,4 Prozent der Treibhausgase verantwortlich.<sup>135</sup>

Der öffentliche Beitrag zur Finanzierung der Landwirtschaft in Deutschland wird im Wesentlichen über die Gemeinsame Agrarpolitik (GAP) der Europäischen Union (EU) geleistet. So sieht der deutsche GAP-Strategieplan 2023-2027 u.a. Mittel in Höhe von 12,8 Milliarden Euro für Einkommensgrundstützungen und 8,7 Milliarden Euro für weitere Direktzahlungen vor.<sup>136</sup>

## B 1-2 Digitale und smarte Technologien in der Landwirtschaft

Im folgenden Abschnitt werden digitale und smarte Technologien und ihre Potenziale für die Transformation der Landwirtschaft betrachtet. Darüber hinaus werden Hemmnisse aufgezeigt, die einem breiten Einsatz derzeit noch entgegenstehen. Digitale und smarte Technologien umfassen digitale Hardware und Software sowie deren Vernetzung, sodass Daten empfangen und gesendet werden können.<sup>137</sup> Die verschiedenen Technologien sind Bestandteile der Konzepte Präzisionslandwirtschaft und Smart Farming, die im Folgenden näher erläutert werden.

### B 1-2 a Potenziale und Herausforderungen digitaler und smarterer Technologien

#### Präzise Bewirtschaftung von Teilflächen möglich

Präzisionslandwirtschaft ist die ortsdifferenzierte, zielgerichtete und variable Ausbringung von landwirtschaftlichen Betriebsmitteln wie Saatgut, Pflanzen, Dünger, Pflanzenschutzmitteln oder Wasser. Die Menge der eingesetzten Betriebsmittel wird dabei exakt an den aktuellen spezifischen Bedarf der jeweiligen landwirtschaftlichen Teilfläche angepasst.<sup>138</sup> Durch Präzisionslandwirtschaft können die Ausbringungsmengen von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln reduziert werden. Dadurch lassen sich Betriebskosten einsparen und gleichzeitig negative Umweltauswirkungen reduzieren.<sup>139</sup> Zentral für die Anwendung von Präzisionslandwirtschaft sind satellitengestützte Navigationstechnologien, die eine exakte Positionsbestimmung ermöglichen. Die über Sensoren gewonnenen Informationen können in geografischen Informationssystemen, sogenannten Ackerschlagkarteien,<sup>140</sup> verarbeitet werden. Arbeitsprozesse und Betriebsmitteleinsatz können mithilfe solcher Schlagkarteien optimiert und durch automatisierte Landmaschinen ausgeführt werden.<sup>141</sup>

#### Besseres Betriebsmanagement durch digitale und smarte Technologien möglich

Smart Farming ist weiter gefasst als Präzisionslandwirtschaft und nutzt dabei sowohl die von vernetzten Geräten im Internet der Dinge erfassten Daten als auch deren Verarbeitung mit weiteren kontextspezifischen Daten, um Landwirte und

Landwirtinnen bei betrieblichen Entscheidungen zu unterstützen oder diese zu automatisieren. Das Aufgabenspektrum reicht dabei von der automatisierten Datenerfassung über die Optimierung der Betriebsplanung bis hin zur Automatisierung der Buchhaltung.<sup>142</sup> Die Vernetzung bei Landwirtschaft 4.0 umfasst neben den landwirtschaftlichen Betrieben auch die Hersteller von Betriebsmitteln, den Einzelhandel und die Verbraucherinnen und Verbraucher. Damit sollen Organisation und Prozesse innerhalb der gesamten Wertschöpfungskette verbessert werden.<sup>143</sup>

#### Einsatzmöglichkeiten für digitale und smarte Agrartechnologien vielfältig

In der Präzisionslandwirtschaft können digitale (teil-)automatisierte Landmaschinen, Roboter oder Drohnen zum Einsatz kommen. (Teil-)automatisierte Landmaschinen umfassen z. B. Traktoren mit Spurführung oder Teilbreitenschaltung zur ortsspezifischen Ausbringung von Betriebsmitteln.<sup>144</sup> Roboter sind autonom arbeitende Maschinen, die in der Lage sind, ihre Umgebung zu erfassen, über Sensoren gewonnene Informationen zu verarbeiten, Entscheidungen zu treffen und daraus geeignete Arbeitsschritte abzuleiten.<sup>145</sup> Im Vergleich zu (teil-)automatisierten Landmaschinen sind Roboter deutlich kleiner und bodenschonender. Sie befinden sich jedoch noch weitgehend im Forschungs- und Entwicklungsstadium.<sup>146</sup> Die derzeit anvisierten Einsatzgebiete reichen von der Bestimmung von Pflanzenmerkmalen und -gesundheit über Bodenbearbeitung, Unkrautbekämpfung und Pflegearbeiten im Obstbau bis zu Aussaat und Ernteeinsatz.<sup>147</sup> Drohnen, als Teil der Fernerkundung,<sup>148</sup> sind von Menschen gesteuerte oder teilautonome Fluggeräte, die mit Hilfe von Sensoren Pflanzenwachstum, Schädlingsbefall, Bodenstruktur, Wassermangel, Erosion und Unwetterschäden überwachen. Darüber hinaus können Drohnen Betriebsmittel wie Pflanzenschutzmittel auch in unwegsames Gelände ausbringen.<sup>149</sup> Dank sinkender Kosten und vereinfachter Bedienung sowie Steuerung verbreitet sich ihr Einsatz in vereinzelt Bereichen zunehmend.<sup>150</sup>

Die Funktionalität von (teil-)automatisierten Landmaschinen, Robotern und Drohnen basiert in hohem Maße auf Sensorik und Aktorik. Sensoren erfassen Informationen und wandeln sie in elektrische Signale um, die digital erfasst und verarbeitet werden können. Die Erfassung dieser Daten ermöglicht z. B. eine Unterscheidung zwischen Kultur-

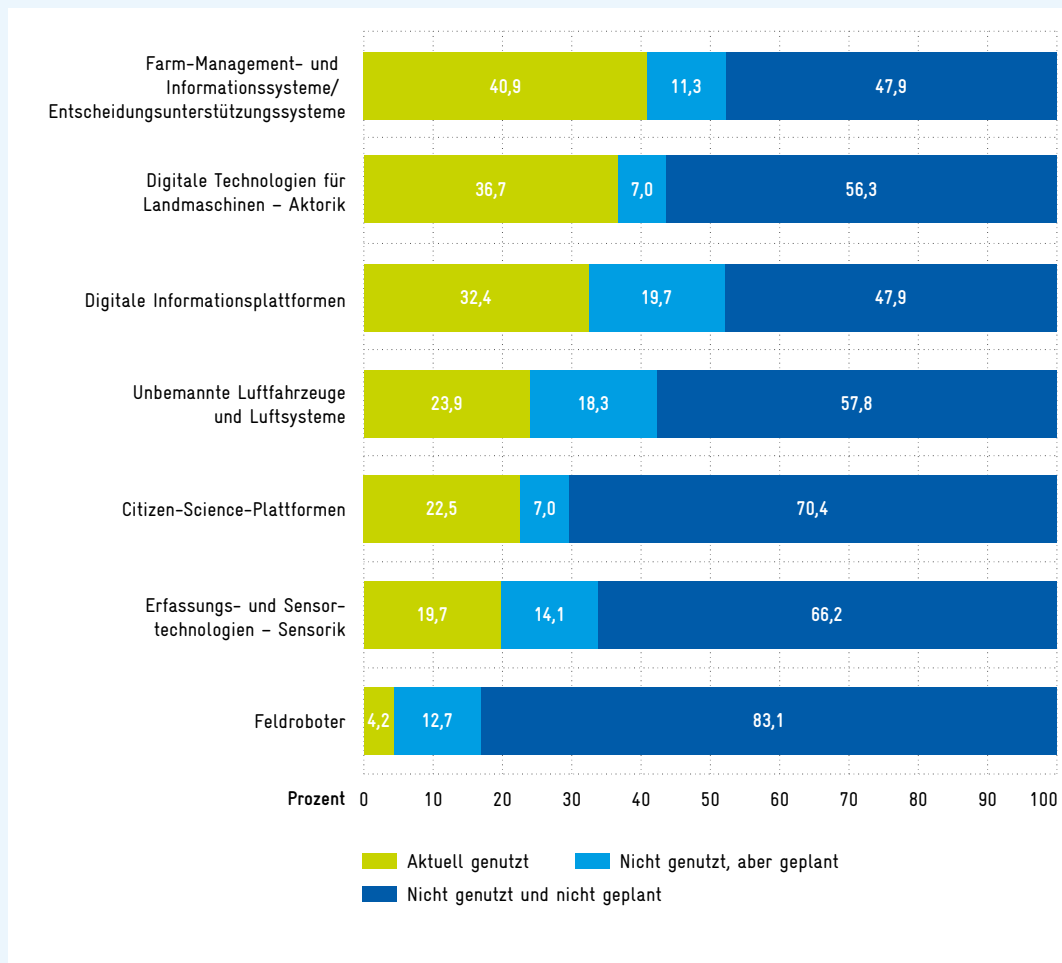
pflanzen und Unkräutern.<sup>151</sup> Aktoren wie Motoren, Teilbreitenschaltung, Roboterarme oder Anzeigeelemente setzen die aufbereiteten Sensordaten in angepasste landwirtschaftliche Bearbeitung um.

Farmmanagement- und Informationssysteme (FMIS) sowie Entscheidungsunterstützungssysteme (Decision Support Systems, DSS) unterstützen landwirtschaftliche Betriebe durch automatisierte Erfassung und Verarbeitung von Daten, die eine bessere Planung, Überwachung, Dokumentation und Optimierung von Betriebsabläufen ermöglichen, z. B. durch die automatisierte Erstellung von Ackerschlagkarteien.<sup>152</sup> Dabei werden sowohl betriebsinterne Daten als auch Daten aus externen Quellen verarbeitet und künstliche Intelligenz (KI) eingesetzt.<sup>153</sup>

### Farmmanagementsysteme weit verbreitet

In einer im Auftrag der Expertenkommission im Zeitraum von Mai bis Juni 2023 durchgeführten nicht-repräsentativen Umfrage<sup>154</sup> gaben 40,9 Prozent der teilnehmenden landwirtschaftlichen Betriebe und Lohnunternehmen an, dass sie FMIS bzw. DSS einsetzen (vgl. Abbildung B 1-2). Mit geringem Abstand folgt der Einsatz digitaler Technologien für Landmaschinen. Digitale Informationsplattformen werden von etwa jedem dritten und Drohnen von jedem vierten befragten Betrieb eingesetzt. Während die Erfassungs- und Sensortechnologie noch bei jedem fünften Betrieb eine Rolle spielt, kommen Feldroboter bislang nur bei 4,2 Prozent der befragten Betriebe zum Einsatz. Allerdings gaben 12,7 Prozent der Befragten an, den Einsatz von Feldrobotern zu planen.<sup>155</sup>

Abb. B 1-2 Nutzung digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 40,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe und Lohnunternehmen gaben an, derzeit Farmmanagement- und Informationssysteme bzw. Entscheidungsunterstützungssysteme zu nutzen. Ein Anteil von 11,3 Prozent der Befragten plant deren Einsatz in der Zukunft; Anzahl der Beobachtungen: 71; Fragetext: „Welche digitalen und smarten Technologien nutzen Sie für Ihre Tätigkeiten?“ Balken summieren sich durch Runden nicht immer zu 100 Prozent auf.  
Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

### Weitere Entwicklungsarbeit bei Agrartechnologien notwendig

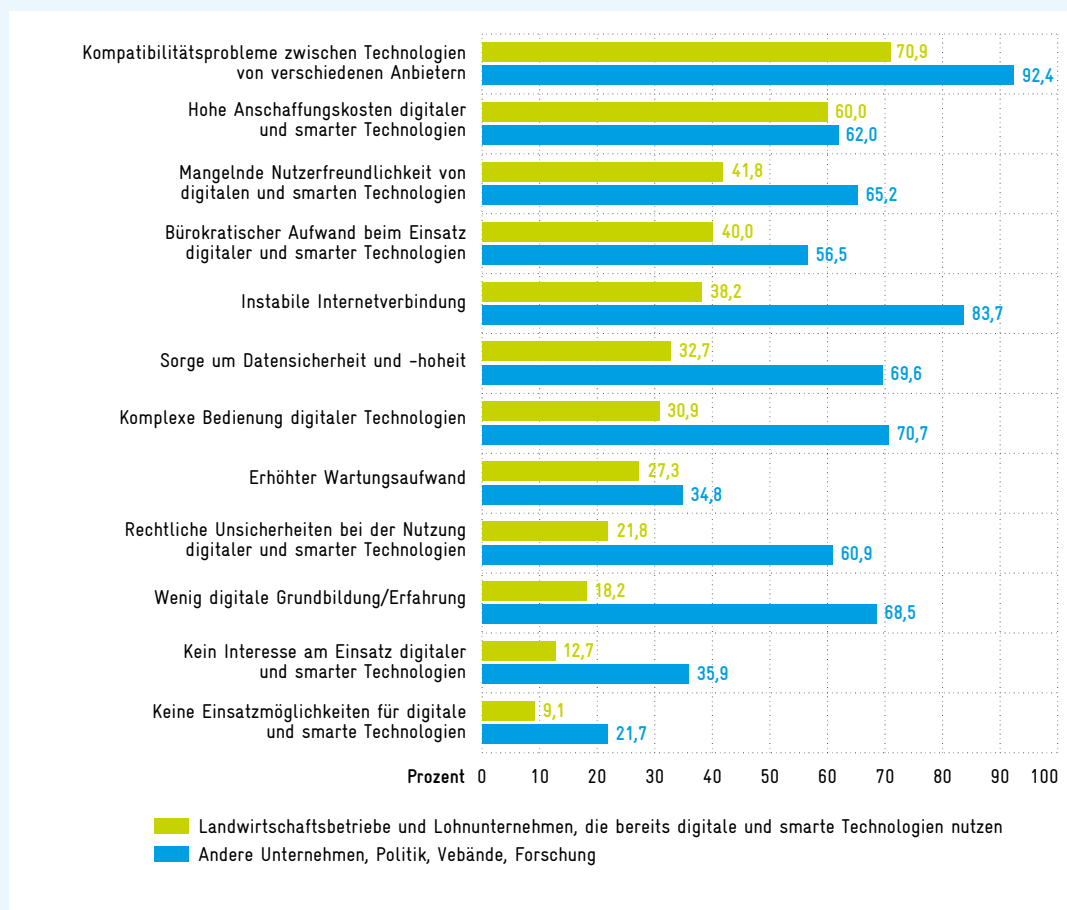
Da Präzisionstechnologien in sehr unterschiedlichen Umgebungen eingesetzt werden, setzt eine korrekte Zustandserfassung und Umgebungserkennung die Kombination von Sensoren und integrierten Sensorsystemen oder die Verknüpfung von Daten verschiedener Sensoren voraus. Insbesondere für autonom agierende Systeme sind hier noch erhebliche Entwicklungsschritte notwendig. Darüber hinaus erfordert der Einsatz fortgeschrittener Anwendungen die Einbindung in das Internet der Dinge und folglich geeignete Netzwerkstrukturen für eine schnelle Datenübertragung, die in vielen ländlichen Gebieten noch unzureichend ausgebaut sind.<sup>156</sup>

Bei Präzisionstechnologien stellt die Untersuchung ihrer Praxistauglichkeit einen wichtigen Entwicklungsschritt dar. Zu diesem Zweck hat das BMEL 14 „Digitale Experimentierfelder“ ins Leben gerufen.<sup>157</sup> Dabei handelt es sich um Projekte, innerhalb derer die geförderten Akteure untersuchen, wie digitale Techniken optimal zum Schutz der Umwelt, zur Steigerung des Tierwohls und der Biodiversität sowie zur Arbeitserleichterung eingesetzt werden können.<sup>158</sup> Diese Experimentierfelder bieten interessierten Anwenderinnen und Anwendern die Möglichkeit, sich über die Digitalisierung in der Landwirtschaft zu informieren. Darüber hinaus werden durch Kooperationen zwischen Landwirtschaft und Forschung die Anforderungen der Praxis bei der Entwicklung und Erprobung neuer

Abb. B 1-3 Hemmnisse für den Einsatz digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: 70,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe, die mindestens eine der abgefragten digitalen und smarten Technologien selbst nutzen, sehen Kompatibilitätsprobleme zwischen Technologien verschiedener Anbieter als großes oder sehr großes Hemmnis für den Einsatz digitaler und smarter Technologien. Fragetext: „Welche Faktoren erschweren oder verhindern aus Ihrer Sicht den Einsatz digitaler und smarter Technologien in der Landwirtschaft?“. Antwortmöglichkeiten: kein Hemmnis, geringes Hemmnis, großes Hemmnis, sehr großes Hemmnis. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „großes Hemmnis“ und „sehr großes Hemmnis“. Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Anwendungen berücksichtigt, um einen beidseitigen Wissenstransfer zu gewährleisten.

### Anreize zum Einsatz neuer Technologien für Nachhaltigkeit unerlässlich

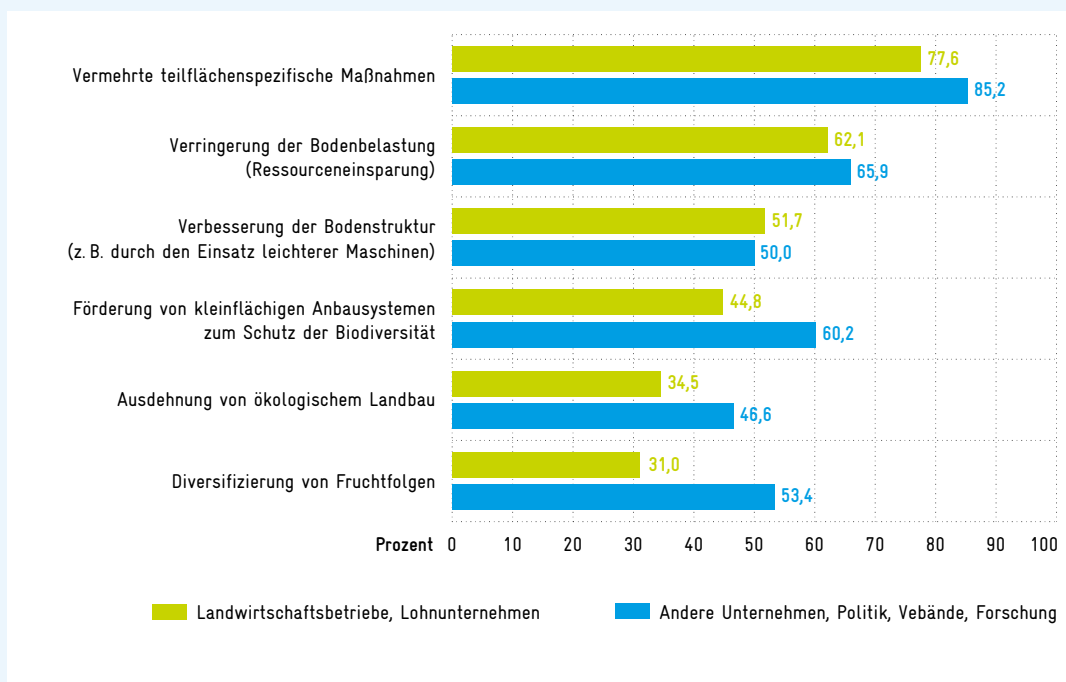
Neue digitale und smarte Technologien haben häufig noch Wettbewerbsnachteile gegenüber leistungsstarken konventionellen Landmaschinen, die für eine intensive Landwirtschaft entwickelt wurden. Dafür gibt es drei Hauptgründe: Erstens sind einige dieser Technologien, wie Roboter, in ihrer Entwicklung noch nicht ausgereift. Zweitens sind sie aufgrund der noch geringen Verbreitung und damit geringen Stückzahlen noch vergleichsweise teuer. Drittens schlagen die negativen Umweltwirkungen konventioneller landwirtschaftlicher Praktiken sich in den Produktionskosten der Betriebe nicht nieder.

Um beispielsweise Roboter und Drohnen konkurrenzfähig zu machen, müssen deren Flächenleistung, Einsatzdauer und Präzision weiter gesteigert werden. Auch eine Umstellung auf Anbaukonzepte mit deutlich differenzierter und kleinteiligerer Bearbeitung von Flächen – wie beim sogenannten Spotfarming<sup>159</sup> – würde ihre Wettbewerbsfähigkeit

erhöhen.<sup>160</sup> Allerdings sind insbesondere bei Robotern die Entwicklungskosten sehr hoch, sodass bei vergleichsweise geringen Stückzahlen hohe Anschaffungskosten für die landwirtschaftlichen Betriebe zu erwarten sind.<sup>161</sup> So gaben in der oben genannten Umfrage 60,0 Prozent der Befragten, die bereits digitale und smarte Technologien einsetzen, die hohen Anschaffungskosten als (sehr) großes Hemmnis für deren Einsatz an (vgl. Abbildung B 1-3). Mangels Erfahrungen mit den neuen Technologien ist zudem der betriebswirtschaftliche Nutzen für die landwirtschaftlichen Betriebe zunächst unsicher. Mit zunehmender Verbreitung dieser neuen Technologien und damit größeren Stückzahlen werden die Anschaffungskosten jedoch aller Voraussicht nach sinken und die Technologien damit weiter an Attraktivität gewinnen.

Die Befragung im Auftrag der Expertenkommission hat auch gezeigt, dass sowohl Landwirtinnen und Landwirte als auch Vertreterinnen und Vertreter aus Politik, Verbänden, Forschung und Industrie digitalen und smarten Technologien hohe Potenziale im Bereich Nachhaltigkeit und Umweltschutz zuschreiben, insbesondere beim Schutz der Biodiversität und bei der Reduzierung der Bodenbelastung (vgl. Abbildung B 1-4). Laut einer Befragung

Abb. B 1-4 Potenziale digitaler und smarter Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 77,6 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe messen digitalen und smarten Technologien ein hohes oder sehr hohes Potenzial für die Umsetzung von mehr teilflächenspezifischen Maßnahmen bei. Fragetext: „Wie hoch schätzen Sie die Potenziale digitaler und smarter Technologien in den kommenden 10 Jahren in der Landwirtschaft für Nachhaltigkeit und Umweltschutz ein?“. Antwortmöglichkeiten: kein Potenzial, geringes Potenzial, hohes Potenzial, sehr hohes Potenzial. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „hohes Potenzial“ und „sehr hohes Potenzial“.  
Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.



von Bitkom Research unter 500 Landwirtinnen und Landwirten in Deutschland im Jahr 2022 sind 92 Prozent der Befragten der Meinung, dass durch digitale und smarte Technologien Dünger, Pflanzenschutzmittel und andere Betriebsmittel eingespart werden können.<sup>162</sup>

Allerdings werden die zum Teil massiven Umweltbelastungen durch die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln von den landwirtschaftlichen Betrieben in der Regel in ihrer Kostenrechnung nicht berücksichtigt. Die Anreize zum Einsatz neuer, umweltschonender Präzisionstechnologien sind daher noch zu gering.

Dies würde sich ändern, wenn der Einsatz umweltbelastender Betriebsmittel mit einer Steuer oder Abgabe belegt würde. In Dänemark ist dies bereits der Fall.<sup>163</sup> Der Einsatz alter, nicht nachhaltiger Agrartechnologien würde sich somit verteuern und neue (Präzisions-)Technologien würden wettbewerbsfähig werden.

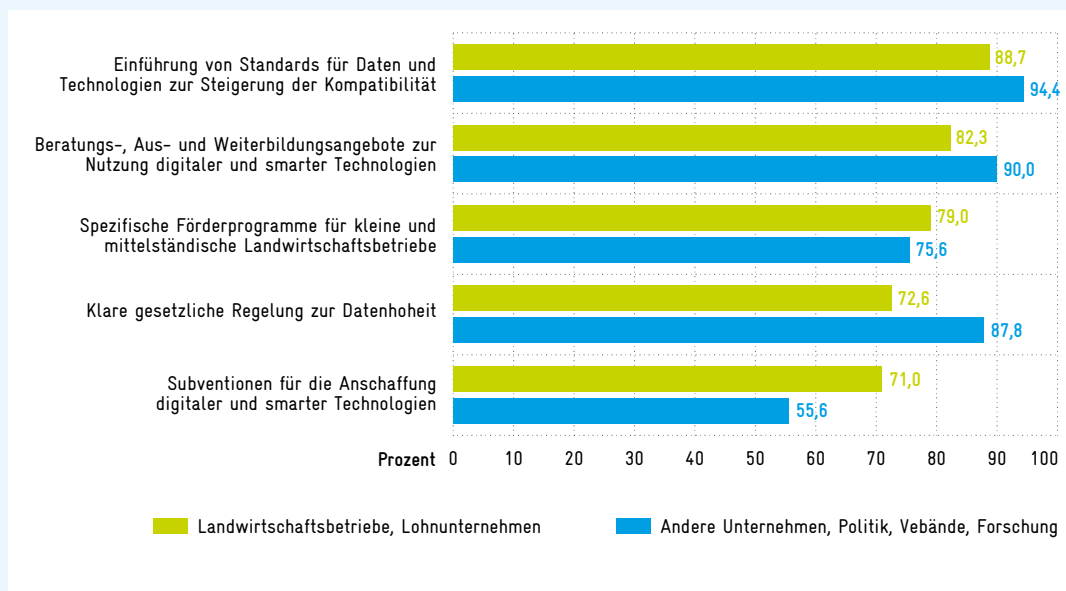
Eine Alternative wäre auch die Einführung eines Quotenhandelssystems für Dünge- und Pflanzen-

schutzmittel ähnlich dem europäischen Emissionshandel für CO<sub>2</sub>-Zertifikate (EU-ETS). Allerdings besteht bei einem Quotenhandel für Dünge- und Pflanzenschutzmittel die Gefahr, dass einige landwirtschaftliche Betriebe große Mengen an Quoten aufkaufen. Dadurch würde sich die Ausbringung von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln an bestimmten Standorten konzentrieren und dort zu übermäßigen Belastungen führen. Daher ist eine Steuer oder Abgabe einem Quotenhandel vorzuziehen.

### Neue Kompetenzen im Umgang mit digitalen und smarten Technologien erforderlich

Präzisionslandwirtschaft und Smart Farming erfordern auch neue Fähigkeiten und Kompetenzen der landwirtschaftlichen Arbeitskräfte.<sup>164</sup> Von den im Auftrag der Expertenkommission Befragten, die digitale und smarte Technologien einsetzen, gaben mehr als 80,0 Prozent an, dass Beratungs-, Aus- und Weiterbildungsangebote den Einsatz solcher Technologien erleichtern würden (vgl. Abbildung B 1-5).<sup>165</sup> So erfordert der Einsatz bestimmter Sensoren die Kompetenz, spezielle Kalibrierungen vorzunehmen, während komplexe FMIS und DSS

Abb. B 1-5 Maßnahmen zur Erleichterung des Einsatzes digitaler und smarterer Technologien 2023 in Prozent



[Download der Abbildung und Daten](#)

Lesebeispiel: 88,7 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe halten die Einführung von Standards für Daten und Technologien zur Erhöhung der Kompatibilität für eine wichtige oder sehr wichtige Maßnahme, um den Einsatz digitaler und smarterer Technologien in Landwirtschaftsbetrieben zu ermöglichen. Fragetext: „Für wie wichtig erachten Sie die folgenden Maßnahmen, um den (vermehrten) Einsatz digitaler und smarterer Technologien in landwirtschaftlichen Betrieben zu ermöglichen?“. Antwortmöglichkeiten: unwichtig, eher unwichtig, eher wichtig, sehr wichtig. Die dargestellten Balken zeigen die Summe aus „eher wichtig“ und „sehr wichtig“. Quelle: Eigene Auswertungen basierend auf Geppert et al. (2024). © EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

ausreichende Fähigkeiten im Umgang mit Daten und Software voraussetzen. In der Befragung nannten 31,0 Prozent der landwirtschaftlichen Betriebe die hohe Komplexität der Bedienung digitaler Technologien als (sehr) großes Hemmnis für deren Einsatz (vgl. Abbildung B 1-3).

### Kompatibilität zwischen Systemen unzureichend

Voraussetzung für den kombinierten Einsatz digitaler und smarter Technologien ist der Austausch von Daten. Er erfordert geeignete Schnittstellen und Datenstandards, die derzeit nur eingeschränkt vorhanden sind. Daher bestehen beim Datenaustausch zwischen Produkten verschiedener Hersteller wie einzelnen Sensoren, Robotern, Drohnen und FMIS sowie zwischen verschiedenen FMIS noch erhebliche Kompatibilitätsprobleme. Dies verstärkt die Bindung der Landwirtinnen und Landwirte an einen Anbieter. In der im Auftrag der Expertenkommission durchgeführten Umfrage gaben 70,9 Prozent der befragten landwirtschaftlichen Betriebe,

die bereits digitale und smarte Technologien einsetzen, an, dass solche Kompatibilitätsprobleme ein (sehr) großes Hemmnis darstellen (vgl. Abbildung B 1-3). Zudem stellt die fehlende Verfügbarkeit von Agrardaten häufig ein weiteres Hemmnis dar. In der Umfrage von Bitkom Research unter 500 Landwirtinnen und Landwirten in Deutschland im Jahr 2022 halten 56 Prozent der Befragten politische Maßnahmen zum Aufbau einer zentralen Agrarplattform für das betriebliche Datenmanagement für (sehr) wichtig. Sogar 95 Prozent der Befragten sehen anwenderfreundliche und kostenfreie Geo-, Betriebsmittel- und Wetterdaten als (sehr) wichtig an.<sup>166</sup>

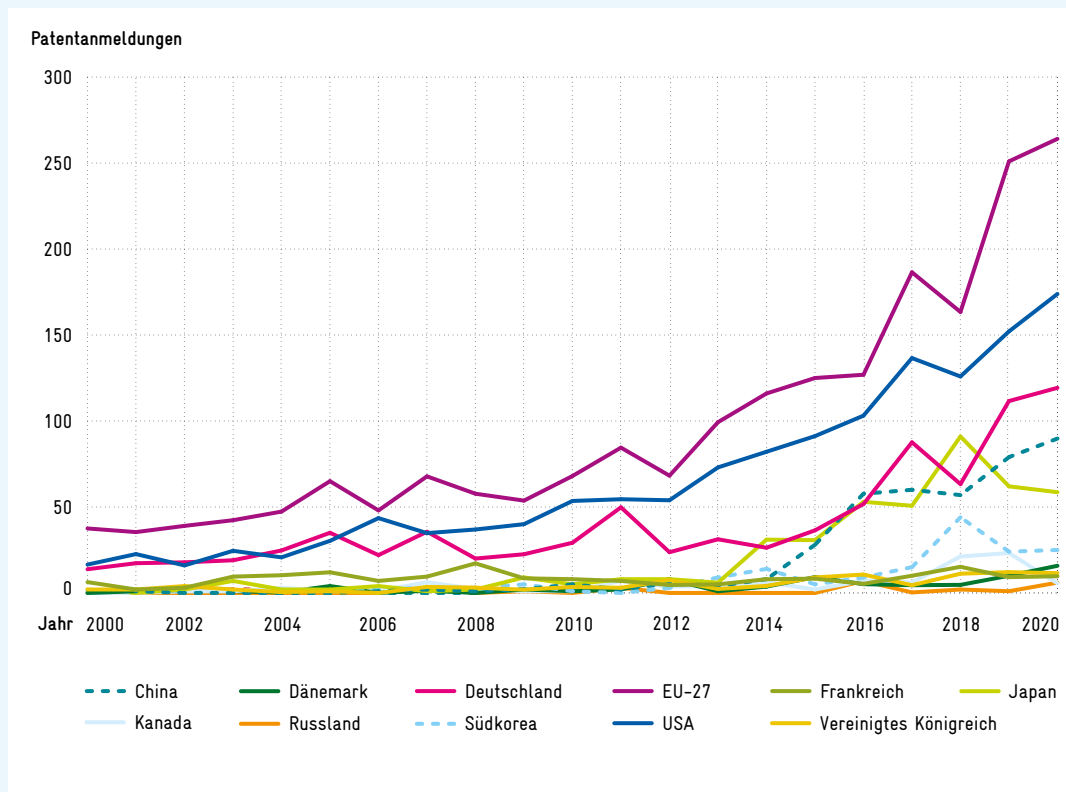
### Praxisorientierter Rechtsrahmen notwendig

Um Vorbehalte bei Landwirtinnen und Landwirten gegen den Einsatz von autonomen Fahrzeugen wie Robotern, Drohnen und autonomen Landmaschinen abzubauen und Investitionssicherheit zu schaffen, ist ein transparenter und breit kommunizierter Rechtsrahmen<sup>167</sup> für den Einsatz solcher Maschinen notwendig. Das 2021 in Kraft getretene

Abb. B 1-6 Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien in ausgewählten Ländern und Regionen 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Gesetz zum autonomen Fahren ist hier ein wichtiger erster Schritt. Einige Drohnenanwendungen erfordern den Einsatz größerer Geräte,<sup>168</sup> die in der Lage sind, Material wie z. B. Pflanzenschutzmittel abzuwerfen. Darüber hinaus verlangen großflächige Drohneneinsätze auch Flüge außerhalb der Sichtweite. Für solche Einsätze sind aufwendige Genehmigungen der zuständigen Behörden oder der Flugsicherheitsbehörde (European Aviation Safety Agency) notwendig.<sup>169</sup>

Der Austausch und die Verarbeitung einer breiten, auch betriebsinternen Datenbasis ist eine notwendige Voraussetzung für den Einsatz von Präzisions- und Smart-Farming-Technologien. Jedoch hemmen Vorbehalte hinsichtlich der Datensicherheit und Datenhoheit bei betriebsinternen Prozessen den Einsatz von FMIS, was sich auch in den Umfrageergebnissen widerspiegelt (vgl. Abbildung B 1-3). Der im Januar 2024 in Kraft getretene Data Act zielt u. a. darauf ab, die hier bestehenden offenen Rechtsfragen zu adressieren und damit bestehende Vorbehalte abzubauen.<sup>170</sup>

### B 1-2 b Internationaler Vergleich bei der Entwicklung digitaler und smarterer Agrartechnologien

Bei der Anmeldung transnationaler Patente<sup>171</sup> im Bereich digitaler und smarterer Agrartechnologien ist im Betrachtungszeitraum 2000 bis 2020 ein Anstieg zu beobachten (vgl. Abbildung B 1-6). Im selben Zeitraum ist auch der Anteil dieser Patente an allen Agrarpatenten kontinuierlich gestiegen – in der EU und Deutschland von 5,0 Prozent bzw. 3,5 Prozent im Jahr 2000 auf jeweils über 15 Prozent im Jahr 2020. Das spiegelt die zunehmende Bedeutung dieser Technologien im Agrarbereich wider. Über den gesamten Zeitraum sind mehr Patentanmeldungen aus der EU als aus den USA zu verzeichnen.

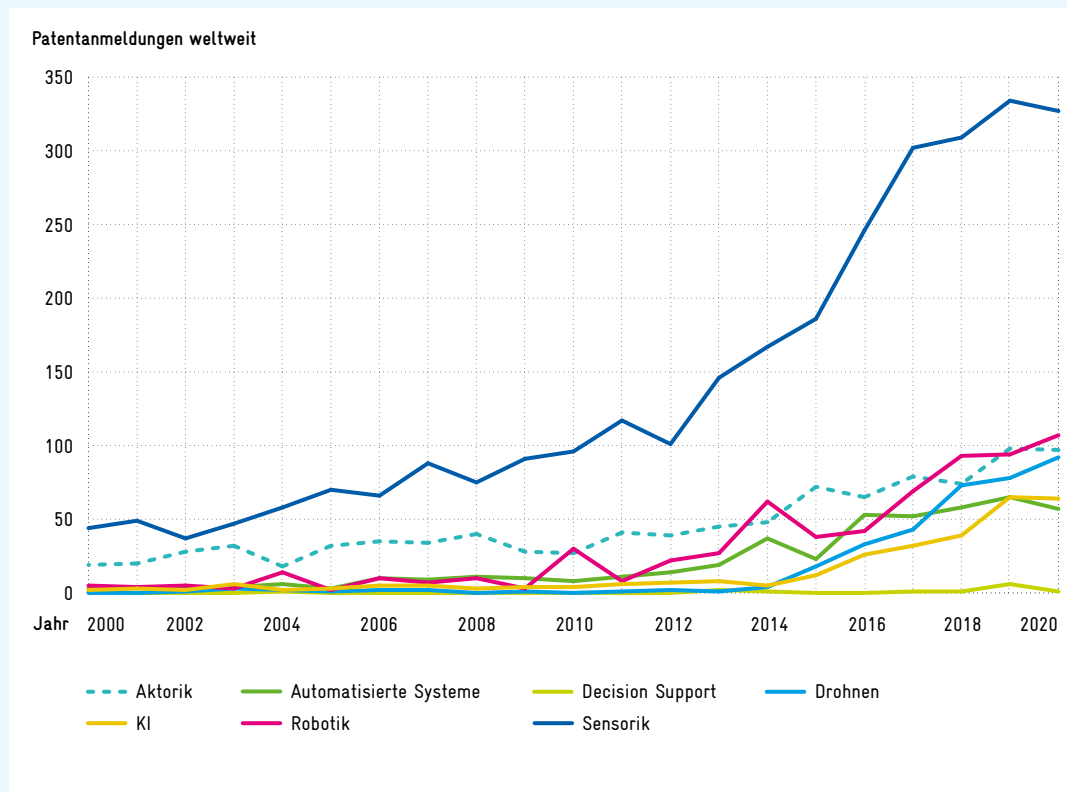
### Europa bei Aktorik, Sensorik und Robotik führend

Die Patentanmeldungen können nach den Bereichen Sensorik, Robotik, Aktorik, Drohnen, KI, Decision Support und Automatisierte Systeme

Abb. B 1-7 Transnationale Patentanmeldungen von digitalen und smarten Agrartechnologien weltweit nach Technologiebereichen 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)

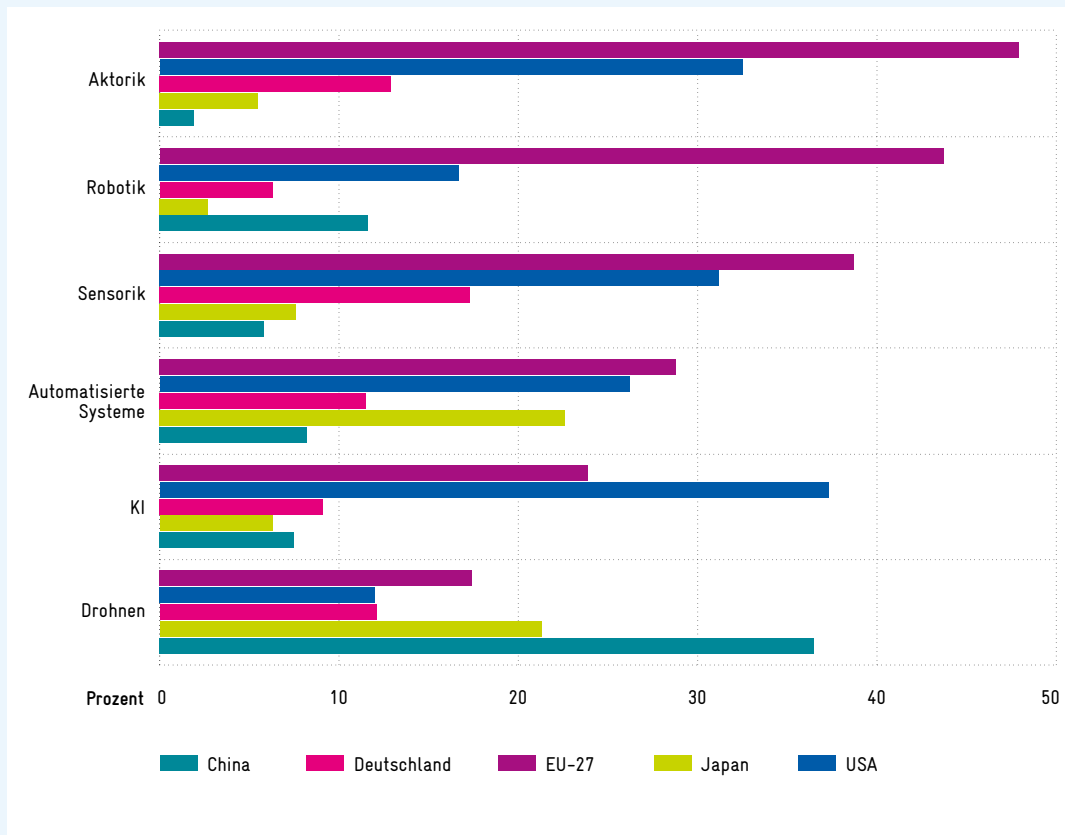


Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

**Abb. B 1-8** Anteile ausgewählter Länder und Regionen an transnationalen Patentanmeldungen weltweit nach Technologiebereichen in Prozent 2000–2020



[Download der Abbildung und Daten](#)



Quelle: PATSTAT. Eigene Berechnungen.  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

unterschieden werden.<sup>172</sup> Den größten Anteil machen die Patentanmeldungen im Bereich Sensorik aus, deren Zahl seit 2012 deutlich stärker als in den Jahren davor gestiegen ist (vgl. Abbildung B 1-7). In den anderen Bereichen liegen die Patentanmeldungen zwar auf einem deutlich niedrigeren Niveau, haben sich jedoch zwischen 2015 und 2020 weltweit mehr als verdoppelt.

In den Bereichen Aktorik, Robotik und Sensorik stammen die meisten Patentanmeldungen aus der EU (vgl. Abbildung B 1-8). Patentanmeldungen aus China dominieren bei den Drohnen. Im Bereich KI kommen die meisten Patentanmeldungen aus den USA.

### B 1-3 Grüne Gentechnik in der Landwirtschaft

Neben digitalen und smarten Technologien kann auch die Grüne Gentechnik einen Beitrag zur Lösung der Herausforderungen in der Landwirtschaft leisten. Im Folgenden werden die Verfahren der Grünen Gentechnik, ihre Potenziale und Risiken sowie die Forschungsaktivitäten im Bereich der Genomeditierung dargestellt.

#### B 1-3 a Verfahren, Regulierung und Anwendung der Grünen Gentechnik

Bei der Grünen Gentechnik wird das genetische Material einer Pflanze so verändert, dass neue Eigenschaften entstehen. Die möglichen Veränderungen reichen dabei von der Veränderung einzelner Basen bis hin zum Einbau längerer Gensequenzen in das pflanzliche Genom. Bei der Veränderung von



**Abb. B 1-9 Darstellung der Modifikationen und Verfahren Grüner Gentechnik und ihrer derzeitigen Regulierung**

Verfahren	Modifikation	Mutagenese	Cisgenese	Intragenese	Transgenese
Genomeditierung		gezielte Mutagenese			
Klassische Gentechnik					
Ungezielte Mutagenese					

Rot bedeutet, dass die Pflanzen aus diesem Verfahren unter die strengen Regelungen des Gentechnikgesetzes fallen, d.h. sie unterliegen der Kennzeichnungspflicht als gentechnisch veränderter Organismus (GVO), sie unterliegen der Risikobewertung und die Pflanzen sind im ökologischen Landbau nicht zugelassen.

Grün bedeutet, dass die Pflanzen aus diesem Verfahren nicht unter die strengen Regelungen des Gentechnikgesetzes fallen, d.h. es besteht keine Kennzeichnungspflicht als GMO, die Risikobewertung entfällt und die Pflanzen sind im Ökolandbau erlaubt.

Grau bedeutet, dass diese Modifikation technisch nicht mit dem Verfahren durchgeführt werden kann.

Quelle: Eigene Darstellung.

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)

Gensequenzen werden vier verschiedene genetische Modifikationen unterschieden: Mutagenese, Cisgenese, Intragenese und Transgenese (vgl. Abbildung B 1-9).<sup>173</sup> Diese Modifikationen können durch verschiedene Verfahren erzeugt werden. Im Folgenden werden die drei Verfahren Genomeditierung,<sup>174</sup> klassische Gentechnik und ungezielte Mutagenese diskutiert. Daneben gibt es weitere Verfahren der Gentechnik, wie etwa synthetische Biologie, auf die hier nicht eingegangen werden soll,<sup>175</sup> sowie Verfahren der konventionellen Pflanzenzüchtung, die keine Gentechnik einsetzen. Unter konventioneller Pflanzenzüchtung werden in diesem Gutachten in erster Linie Techniken wie Kreuzung und Selektion verstanden.<sup>176</sup>

### Mutagenese durch mehrere Verfahren möglich

Bei der Mutagenese wird eine Mutation auf der Grundlage des pflanzeigenen Genmaterials erzeugt, ohne dass genetisches Material in den Organismus eingebracht wird. Durch Mutagenese erzeugte Organismen können also auch durch konventionelle Pflanzenzüchtung oder auf natürlichem Wege entstanden sein.<sup>177</sup> Es gibt grundsätzlich zwei verschiedene Verfahren, mit denen eine Mutagenese durchgeführt werden kann: die ungezielte oder Zufallsmutagenese und die gezielte Mutagenese mittels Genomeditierung. Bei der ungezielten Mutagenese wird die Gensequenz z. B. durch Chemikalien oder radioaktive Strahlung geschädigt. Bei diesem Verfahren kann die Stelle, an der die DNA<sup>178</sup> der Pflanze geschädigt wird, nicht vorab bestimmt werden, sodass Pflanzen mit einer Vielzahl von Mutationen entstehen.

Danach müssen in einem aufwendigen Verfahren diejenigen Pflanzen selektiert werden, die über die gewünschte Mutation verfügen. Bei der Genomeditierung wird die Gensequenz durch einen gezielten (Doppelstrang-)Bruch geschädigt.<sup>179</sup> Die sogenannte Genschere CRISPR<sup>180</sup> ist unter den Genomeditierungsverfahren das am häufigsten eingesetzte Verfahren. Sowohl bei der ungezielten als auch bei der gezielten Mutagenese wird die geschädigte Gensequenz durch das zelleigene System repariert, wobei Mutationen entstehen.<sup>181</sup>

### Modifikationen mit eingebrachtem Genmaterial vielfältig

Während bei der Mutagenese kein genetisches Material in den Organismus eingebracht wird, werden bei der Cis-, Intra- und Transgenese Gensequenzen in das Genom einer Pflanze eingefügt, die sich in der Herkunft der eingefügten Sequenz unterscheiden.<sup>182</sup> Bei der Cisgenese wird DNA aus der Pflanze selbst oder aus nahe verwandten, kreuzungskompatiblen Pflanzen verwendet. Die so erzeugten Organismen könnten auch durch konventionelle Züchtung gewonnen werden. Bei der Intragenese werden Fragmente von Gensequenzen aus der eigenen oder einer kreuzungskompatiblen Art neu kombiniert und in die Pflanze eingebracht. Diese Organismen lassen sich nicht durch konventionelle Pflanzenzüchtung erzeugen. Bei der Transgenese werden Gensequenzen artfremder Organismen in die Pflanze eingebracht. Auch solche Pflanzen entstehen nicht durch konventionelle Pflanzenzüchtung.<sup>183</sup>

Es gibt zwei Verfahren, mit denen cisgene, intra-gene oder transgene Pflanzen erzeugt werden können: Genomeditierung und klassische Gentechnik. Bei der Genomeditierung wird an einer bestimmten Stelle ein Bruch erzeugt, und – im Gegensatz zur gezielten Mutagenese – eine Gensequenz eingefügt, die vom zelleigenen System zur Reparatur des gezielten Bruchs genutzt werden kann. Bei der klassischen Gentechnik werden Gensequenzen z. B. mit Transportbakterien oder einer Genkanone ungezielt in das Erbgut einer Pflanze eingebracht. Ort und Häufigkeit der Insertion können dabei nicht bestimmt werden.<sup>184</sup>

Durch Transgenese können neuartige Eigenschaften in Pflanzen erzeugt werden. Im Gegensatz dazu sind die Möglichkeiten der Mutagenese auf die natürliche Vielfalt des Pflanzengenoms beschränkt. Zwischen diesen beiden Extremen bewegen sich cis-gene und intragene Organismen.<sup>185</sup>

### Genomeditierung kein vollkommener Ersatz für andere Verfahren

Verfahren der Genomeditierung haben den Vorteil, dass sie die Zeit für die Entwicklung eines modifizierten Pflanzenmerkmals um Jahre oder Jahrzehnte verkürzen können.<sup>186</sup> Da heute viele Gene und ihre Funktionen sequenziert sind, bietet die Genomeditierung die Möglichkeit, Veränderungen schneller und präziser umzusetzen als ungezielte Verfahren wie die klassische Gentechnik oder die ungezielte Mutagenese. Voraussetzung für die Nutzung des vollen Potenzials der Genomeditierung ist die Sequenzierung des Genoms einer Pflanze. Für einen Großteil der weltwirtschaftlich wichtigen Nutzpflanzen liegen Referenzgenome<sup>187</sup> vor.<sup>188</sup> Die Genomeditierung erlaubt es, die genetische Veränderung präzise vorherzusagen, und führt potenziell zu Zeit- und Kosteneinsparungen. Sie kann auch von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU), wie sie für den europäischen Saatgutmarkt typisch sind, eingesetzt werden, was sich positiv auf die Produktvielfalt und den Wettbewerb auf dem Saatgutmarkt auswirken kann.

Im Gegensatz dazu werden bei der ungezielten Mutagenese sehr viele Mutationen zufällig erzeugt, was einen erheblichen Zeit- und Kostenaufwand für die Selektion der wenigen erwünschten Pflanzen zur Folge hat. Dafür ist jedoch die Kenntnis der Gensequenzen keine Voraussetzung.

Die ungezielte Mutagenese erwirkt eine Vielzahl an Veränderungen im Pflanzengenom, deren Folgen unbekannt sind. Auch bei der Genomeditierung können in seltenen Fällen Veränderungen in Nicht-Zielsequenzen stattfinden, die als Off-target-Effekte bezeichnet werden und als unerwünscht gelten. Da es sich bei der Genomeditierung jedoch um ein präziseres Verfahren handelt, treten solche unbeabsichtigten Mutationen wesentlich seltener auf als bei den ungezielten Verfahren.<sup>189</sup>

Die Genomeditierung stellt ein wichtiges Werkzeug zur Erweiterung der genetischen Variation von Kulturpflanzen dar. Sie wird bereits heute weltweit in der Pflanzenzüchtung bei unterschiedlichen Kulturpflanzen eingesetzt. Allerdings können damit grundsätzlich nur wenige Gene gleichzeitig gezielt verändert werden. Viele Eigenschaften bilden sich jedoch erst durch das Zusammenwirken zahlreicher Gene. Da bisher nicht alle Pflanzenarten sequenziert wurden und weiterhin technische Schwierigkeiten bei der Verwendung von Genomeditierung für Transgenese bestehen, bleiben die Verfahren der klassischen Gentechnik, der ungezielten Mutagenese und der konventionellen Züchtung auch in Zukunft unverzichtbar.

### Gentechnik in der EU strikt reguliert

Gentechnisch veränderte Organismen (GVO) sind in der EU definiert als Organismen, deren genetisches Material in einer Weise verändert wurde, wie es in der Natur durch Kreuzen oder natürliche Rekombination nicht vorkommt. Daraus folgt, dass alle Organismen, die nicht durch konventionelle Züchtung entstanden sind, als GMO gelten.<sup>190</sup>

Um in der EU für den Anbau oder als Lebens- und Futtermittel zugelassen zu werden, müssen GMO aufwendige und langwierige Zulassungsverfahren durchlaufen.<sup>191</sup> Diese Verfahren beinhalten eine umfangreiche Risikobewertung und Umweltverträglichkeitsprüfung. Die dafür notwendigen Daten müssen von den entwickelnden Unternehmen zur Verfügung gestellt werden und werden u. a. von der europäischen Behörde für Lebensmittelsicherheit (European Food Security Agency, EFSA) geprüft.<sup>192</sup> Eine Zulassung als Lebens- oder Futtermittel oder zum Anbau wird auf EU-Ebene erteilt und gilt für alle Mitgliedstaaten. Bei einer Zulassung zum Anbau haben die Mitgliedstaaten dennoch die Möglichkeit, den Anbau auf ihrem Hoheitsgebiet zu

verbieten.<sup>193</sup> Darüber hinaus unterliegen GVO der Kennzeichnungspflicht. Als GVO gekennzeichnete Produkte dürfen im ökologischen Landbau nicht verwendet werden.<sup>194</sup>

Die EU verfolgt bei der Regulierung der Gentechnik einen verfahrensbasierten Ansatz.<sup>195</sup> So gelten alle Organismen, die durch ungezielte Mutagenese, Genomeditierung oder klassische Gentechnik entstanden sind, als GVO. Allerdings werden die aus ungezielter Mutagenese entstandenen Organismen anders behandelt als Organismen aus gezielter Mutagenese, die aus Genomeditierung hervorgegangen sind. Organismen aus ungezielter Mutagenese müssen kein Zulassungsverfahren und keine Risikoprüfungen durchlaufen. Sie werden nicht als GVO gekennzeichnet und können daher auch im Ökolandbau verwendet werden.<sup>196</sup>

## GVO in der EU kaum angebaut

In der EU wurden 1996 die ersten beiden GVO zum Inverkehrbringen angemeldet. Derzeit sind in der EU 140 spezifische Kombinationen von gentechnisch veränderten Kulturpflanzen und Merkmalen zugelassen. Davon ist nur eine Kulturpflanze, der insektenresistente Mais MON810, für den Anbau zugelassen, während sich die übrigen Zulassungen auf die Verwendung importierter Futter- oder Lebensmittel beziehen.<sup>197</sup> Innerhalb der EU wird der MON810-Mais nur in Spanien und Portugal angebaut, während alle anderen Mitgliedstaaten den Anbau trotz EU-Zulassung verboten haben.<sup>198</sup> Weltweit hingegen werden GVO auf etwa 12,5 Prozent der ackerbaulichen Nutzfläche angebaut – vor allem in Argentinien, Brasilien und den USA.<sup>199</sup> Die dominierenden und kommerziell erfolgreichen Merkmalskategorien gentechnisch veränderter Pflanzen

### Box B 1-10 Fallbeispiele für Produkte aus der Grünen Gentechnik

#### Ackerhellerkraut als Zwischenfrucht

Das US-amerikanische Start-up CoverCress hat ein optimiertes Ackerhellerkraut entwickelt, das einerseits als Winterzwischenfrucht in einer Soja-Mais-Fruchtfolge und andererseits zur Produktion von Pflanzenöl für Biokraftstoffe genutzt werden kann. Es ist damit an die regionalen Anbaubedingungen angepasst. Für die Entwicklung wurden verschiedene Verfahren angewandt – ungezielte Mutagenese, Selektion, klassische Gentechnik und auch Genomeditierung. Mit diesem Ackerhellerkraut werden Aspekte wie Bodenschutz, Bodenqualität und Agrobiodiversität berücksichtigt. Für die Entwicklung hat CoverCress seit 2013 in mehreren Finanzierungsrunden 58 Millionen US-Dollar von privaten und öffentlichen Geldgebern erhalten. Die Bayer AG ist mittlerweile größte Anteilseignerin. Ob das Ackerhellerkraut auf dem Markt erfolgreich sein wird, bleibt abzuwarten. Derzeit laufen umfangreiche Feldversuche.<sup>200</sup>

#### Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung

Das US-Unternehmen Calyxt hat mittels Genomeditierung eine Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung entwickelt, aus der ein

nährstoffreicheres und länger haltbares Öl produziert werden kann. Die zuständige US-Behörde entschied 2015, dass die Pflanze kein Zulassungsverfahren durchlaufen muss, sodass sie bereits 2018 angebaut und 2019 als Öl vermarktet werden konnte. Im Jahr 2020 wurde das Geschäft wieder eingestellt, da bereits mehrere Züchtungsunternehmen Saatgut für solche Sojaölsorten – aus konventioneller Züchtung und auch aus klassischer Gentechnik – auf dem Markt anboten und die Akzeptanz bei den Landwirten und Landwirtinnen darüber hinaus aufgrund niedriger Erträge gering war.<sup>201</sup>

#### Trockenstresstoleranter Weizen

Das argentinische Unternehmen Indear hat mithilfe klassischer Gentechnik einen trockenstress- und herbizidtoleranten Weizen gezüchtet, der je nach Standort unter Trockenstress etwa 6 Prozent mehr Ertrag bringt und unter normalen Wachstumsbedingungen mit anderen Sorten vergleichbar ist. Die Kombination von Trockenstress- und Herbizidtoleranz zielt vor allem auf Märkte in Südamerika und den USA ab. Nach mehr als 15 Jahren Entwicklungszeit wurde im Jahr 2020 die Zulassung für den Anbau und als Lebensmittel in Argentinien erteilt, wobei sowohl die Entwicklung mittels ungerichteter Verfahren als auch die Zulassung langwierig waren.<sup>202</sup>

sind Herbizidtoleranz und Insektenresistenz. Diese beiden Merkmale werden derzeit vor allem durch die klassische Gentechnik entwickelt.<sup>203</sup> Genomeditierung spielt in der Anwendung bisher noch keine große Rolle. Bislang sind nur wenige vornehmlich mit Genomeditierung erzeugte Pflanzen auf dem Markt, u. a. eine Sojabohne mit optimierter Fettsäurezusammensetzung (vgl. Box B 1-10).<sup>204</sup>

### B 1-3 b Potenziale Grüner Gentechnik in der Landwirtschaft

#### Ernährungssicherung durch Grüne Gentechnik besser erreichbar

Ein wesentliches Ziel in der Pflanzenzüchtung ist es, die Erträge zu steigern bzw. unter Extremwetterereignissen und ökologischer Bewirtschaftung zu erhalten und damit die Ernährungssicherung auch bei abnehmender landwirtschaftlicher Nutzfläche zu gewährleisten. Dies kann einerseits durch höhere Ertragsleistung, aber auch durch Resistenzen gegen verschiedene Schaderreger erreicht werden.<sup>205</sup> Des Weiteren können Kulturpflanzen so verändert werden, dass sie nährstoffreicher sind und damit zur Verbesserung der Ernährung beitragen.<sup>206</sup> Solche Eigenschaften können mit Verfahren der Grünen Gentechnik realisiert werden.<sup>207</sup>

Die Entwicklung vieler Pflanzenmerkmale ist auf die Zielmärkte in den Industrieländern ausgerichtet. Kulturpflanzenarten aus Entwicklungsländern, in denen die Ernährungssicherung ein Problem ist, werden bisher nur in relativ geringem Umfang gentechnisch bearbeitet. Da die Anbaubedingungen und -praxen zwischen Ländern stark variieren, können die Produkte Grüner Gentechnik nicht überall angebaut werden, und Entwicklungsländer werden häufig von neuartigen Produkten ausgeschlossen. Hier bietet die Genomeditierung Entwicklungsländern eine Möglichkeit, selbst an der Entwicklung von Pflanzenmerkmalen zu arbeiten.<sup>208</sup>

#### Klimaanpassung durch Grüne Gentechnik erleichtert

Der Klimawandel führt in Mitteleuropa zu Stress durch Trockenheit, aber auch durch extreme Niederschläge, Verschiebung der Vegetationsperiode und Einwanderung neuer Schaderreger. Die Pflanzenzüchtung versucht, diesen Einflussfaktoren durch Veränderungen der Pflanzeigenschaften zu begegnen. Insbesondere die Gentechnik kann durch

die Entwicklung von Trockenstresstoleranzen oder Resistenzen gegen Schaderreger dazu beitragen, Pflanzen an den Klimawandel anzupassen. Da bei komplexen Merkmalen zur Klimaanpassung häufig mehrere Gene zusammenwirken und die Veränderungen aufgrund der sich schnell ändernden Bedingungen in relativ kurzer Zeit notwendig sind, bieten die Verfahren der klassischen Gentechnik und der Genomeditierung Vorteile gegenüber konventionellen Züchtungsmethoden. So gibt es neben Trockenstresstoleranz und Resistenz gegen Schaderreger auch erste Ansätze, die Keimung des Saatgutes vor der Ernte zu verhindern, um der Verschiebung der Vegetationsperiode Rechnung zu tragen, oder die Platzfestigkeit von Rapsschoten zu erhöhen, um die Ernte vor extremen Witterungseinflüssen wie Wind, Hagel und Starkregen zu schützen. Damit eröffnen sich verschiedene Möglichkeiten, Pflanzen an neue klimatische Bedingungen anzupassen. Eine weitreichende Klimaanpassung kann jedoch nur ganzheitlich im Zusammenspiel verschiedener Züchtungsverfahren sowie von Anbautechnik und Anbaumanagement erreicht werden.<sup>209</sup>

#### Biodiversität und Kulturpflanzenvielfalt durch Grüne Gentechnik unterstützt

Mit Grüner Gentechnik lassen sich die Schädlingsresistenz, Nährstoffnutzungseffizienz und Stress-toleranz von Pflanzen verbessern. Damit kann die Grüne Gentechnik den Eintrag von Pflanzenschutz- und Düngemitteln in das Ökosystem reduzieren und so zum Erhalt der Biodiversität und weiteren Zielen des Green Deal beitragen. In einer Meta-analyse wurde beispielsweise festgestellt, dass bei insektenresistenten Pflanzen die Menge der eingesetzten Pflanzenschutzmittel um 42 Prozent reduziert werden konnte.<sup>210</sup> Um entsprechende Produkte zu entwickeln, sind Anreize für die Industrie und geeignete Anbaukonzepte notwendig, die den Anbau solcher Produkte ermöglichen.<sup>211</sup>

Darüber hinaus können die Verfahren der Grünen Gentechnik zur Erweiterung der Kulturpflanzenvielfalt und somit zur Biodiversität beitragen. Da bisher nur wenige verschiedene Kulturpflanzenarten in der Gentechnik genutzt werden, kann die gentechnische Bearbeitung von vernachlässigten Kulturarten oder die Domestizierung von Wildpflanzen<sup>212</sup> mittels Gentechnik Abhilfe schaffen. Dies kann die Landwirtschaft klimaresistenter und unabhängiger von Pflanzenschutzmitteln machen und die Agrobiodiversität fördern.<sup>213</sup>



### B 1-3 c Risiken Grüner Gentechnik

Es lassen sich zwei Kategorien von Risiken unterscheiden: Risiken, die mit dem Züchtungsverfahren an sich zusammenhängen, und Risiken, die mit den gezüchteten Eigenschaften der Pflanzen verbunden sind.<sup>214</sup> Da letztere von der konkreten Anwendung abhängen, kann kein allgemeines Risikoprofil für gentechnisch veränderte Pflanzen erstellt werden.

#### Keine verfahrensimmanenten Risiken bei Grüner Gentechnik festgestellt

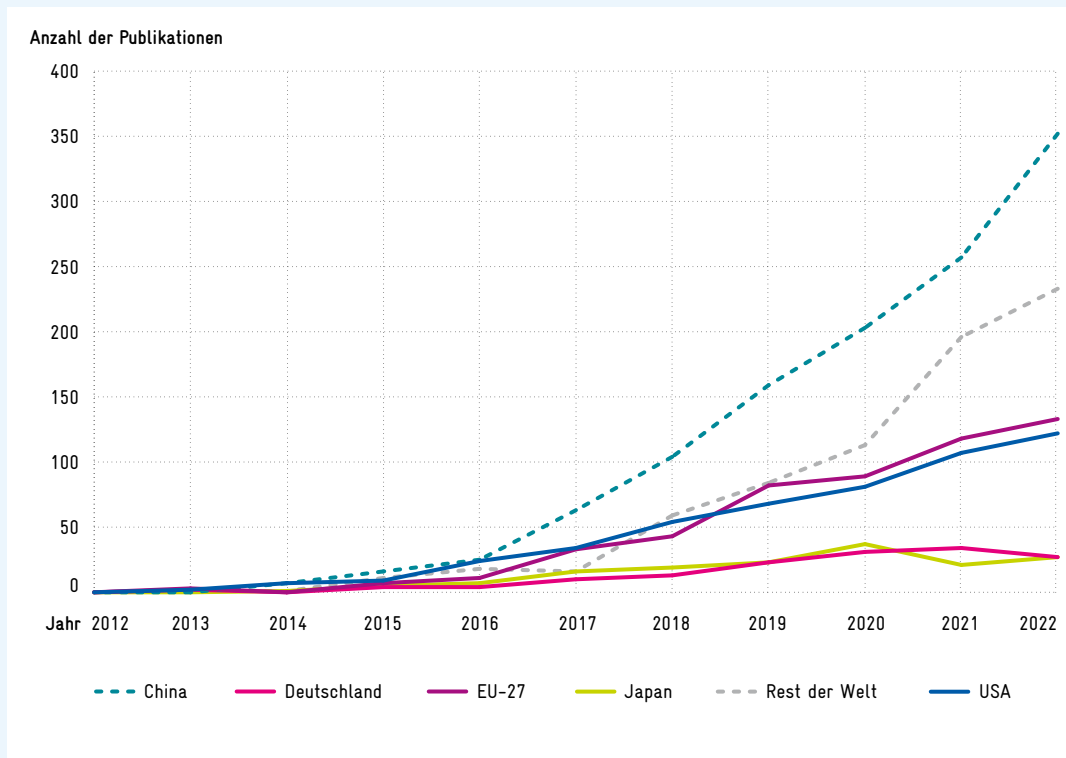
Bei der klassischen Gentechnik konnten in über 30 Jahren Forschung und Anwendung keine verfahrensinhärenten Risiken für Mensch, Tier oder Umwelt festgestellt werden.<sup>215</sup> Auch wenn die Genomeditierung noch nicht auf eine so lange Geschichte sicherer Anwendungen zurückblicken kann, gibt es auch hier bisher keine Hinweise auf verfahrensinhärente Risiken. Insbesondere konnte die EFSA für die gezielte Mutagenese im Vergleich zur konventionellen Züchtung und zur ungezielten Mutagenese kei-

ne neuen Risiken ausmachen.<sup>216</sup> Im Gegenteil: Die gezielte Mutagenese reduziert das Risiko zufälliger Mutationen deutlich. Auch bei der Cisgenese, bei der arteeigene Gensequenzen eingebracht werden, sind die Risiken unabhängig vom Verfahren mit denen der konventionellen Züchtung vergleichbar.<sup>217</sup> Risiken, die mit den gezüchteten Eigenschaften der Pflanze verbunden sind, können daher nur im Einzelfall und unabhängig vom Verfahren bewertet werden.

#### Maßnahmen zur Minimierung potenzieller Risiken vielfältig

In der EU wie auch in einigen Nicht-EU-Ländern ist ein zentrales Element des Zulassungsverfahrens für GVO eine Risikobewertung.<sup>218</sup> Dabei werden die Umweltverträglichkeit sowie die Sicherheit für Mensch und Tier geprüft. In der Risikobewertung werden alle Pflanzenmerkmale mit potenziell unerwünschten Wirkungen analysiert und Strategien zum Umgang mit den Risiken entwickelt.<sup>219</sup> Darüber hinaus spielen Freilandversuche nicht nur bei der

Abb. B 1-11 Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022



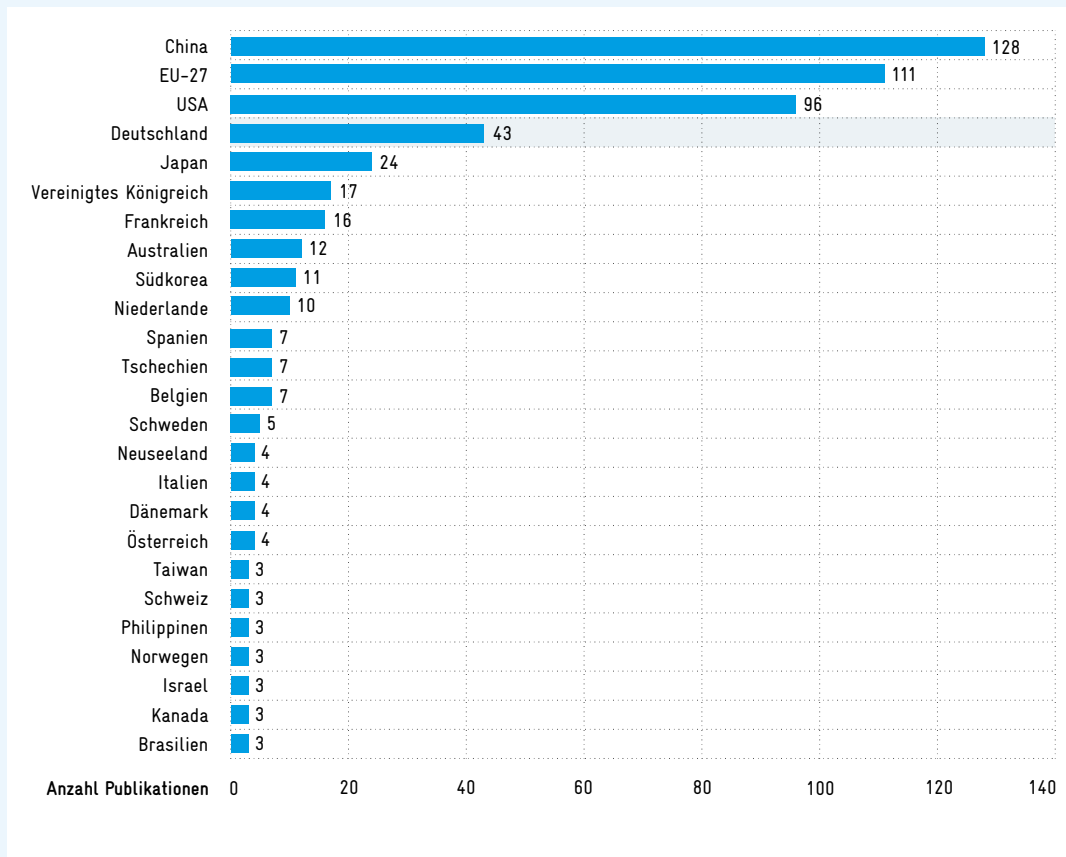
[Download der Abbildung und Daten](#)

Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

**Abb. B 1-12 Kumulierte Anzahl der CRISPR-Publikationen im Bereich der Kulturpflanzen in Top-Journals für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2022**



[Download der Abbildung und Daten](#)



Lesebeispiel: China hat im Zeitraum 2012–2022 insgesamt 128 Publikationen in den Top 10 Prozent der Journals.  
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

Entwicklung eines Züchtungsziels, sondern auch bei der Erprobung der gezüchteten Pflanzen unter verschiedenen Umweltbedingungen eine wichtige Rolle. Auf der Grundlage dieser Daten aus dem Anbau kann die EFSA eine Empfehlung zum Risikopotenzial einer Pflanze abgeben. Solche Freilandversuche müssen in der EU genehmigt und registriert werden.<sup>220</sup>

Für den Anbau gentechnisch veränderter Organismen gelten zusätzlich spezifische Regelungen, die eine Koexistenz von Landwirtschaft ohne und mit Gentechnik ermöglichen. Dazu gehören z. B. die Regeln der guten fachlichen Praxis für den Anbau von GVO,<sup>221</sup> mit deren Hilfe der Austausch von genetischem Material zwischen gentechnisch veränderten und gentechnikfreien Pflanzen verhindert

werden soll. Darüber hinaus gibt es in Deutschland ein Standortregister für den Anbau von GVO.<sup>222</sup>

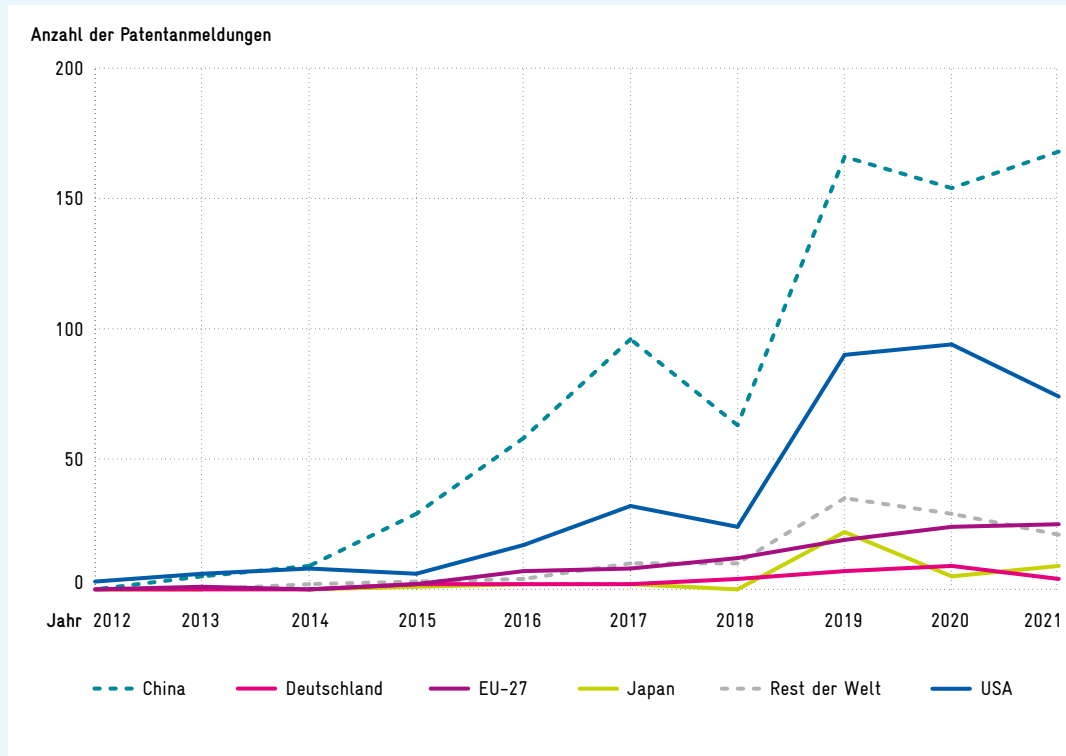
### B 1-3 d Forschungs- und Innovationsaktivität zu Genomeditierung bei Kulturpflanzen

Im Folgenden wird anhand einer Publikations- und Patentanalyse untersucht, wie sich die Forschungs- und Innovationsaktivitäten im Bereich der Kulturpflanzen bei der Bearbeitung mit CRISPR entwickelt haben und wo Deutschland und die EU im internationalen Vergleich stehen. Die Fokussierung auf CRISPR bietet sich deshalb an, weil es sich hierbei um das am meisten verwendete Verfahren<sup>223</sup> der Genomeditierung handelt und die Datenlage besonders gut ist.

**Abb. B 1-13** Anzahl der CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)



Patentfamilien können Anmelder und Anmelderinnen aus mehr als einem Land haben. Die Patentfamilie wird für jedes vertretene Land einmal gezählt, daher werden einige Patentfamilien doppelt gezählt.  
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).  
© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

### China bei Publikationen und USA bei großen Patentfamilien führend

In einer von der Expertenkommission beauftragten Studie zeigt sich ein kontinuierlicher Anstieg der wissenschaftlichen CRISPR-Publikationen seit 2012 (vgl. Abbildung B 1-11).<sup>224</sup> Diese Entwicklung wird von China dominiert. Hinsichtlich der über die Zeit kumulierten Publikationen in den Top-Journals (vgl. Abbildung B 1-12) liegen China, die EU und die USA allerdings deutlich näher beieinander.

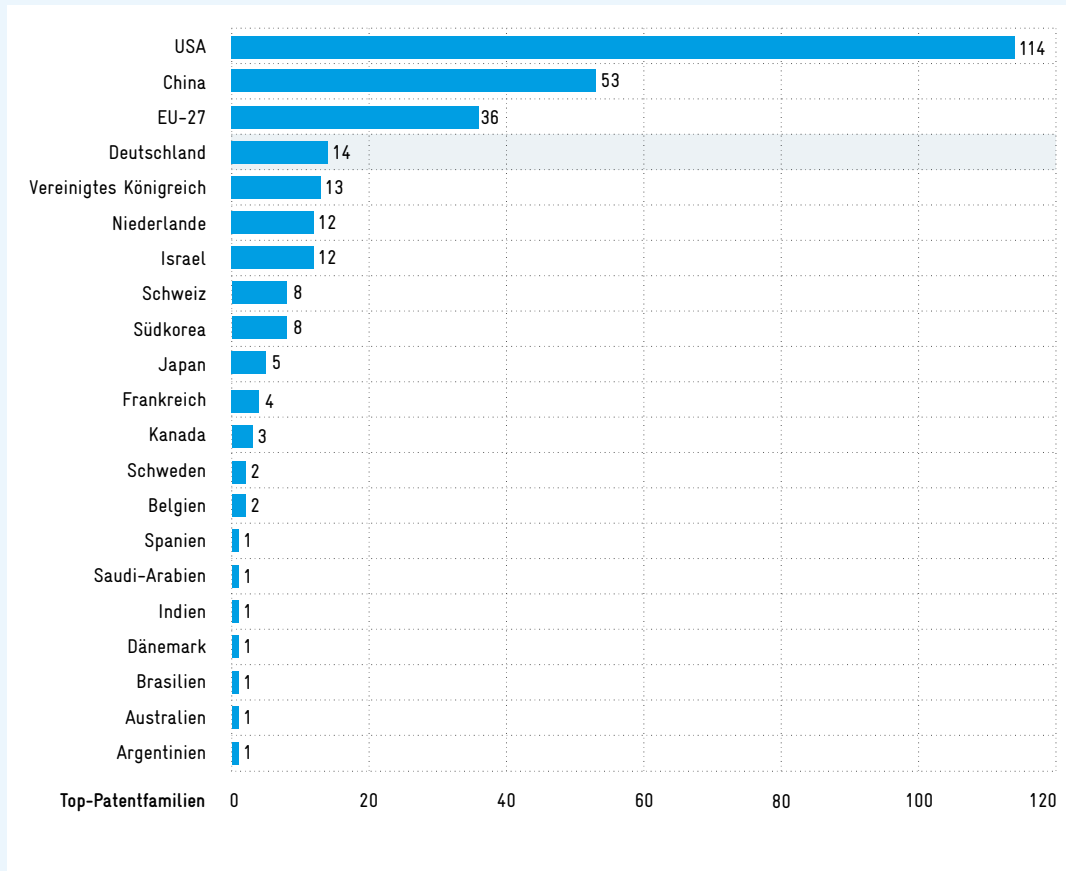
Auch bei den CRISPR-Patentanmeldungen im Pflanzenbereich führt China deutlich vor den USA und der EU (vgl. Abbildung B 1-13). Betrachtet man jedoch die Anmeldungen der größten Patentfamilien, so zeigt sich, dass die USA hier mit mehr als doppelt so vielen Anmeldungen von Patentfamilien weit vor China liegen (vgl. Abbildung B 1-14), während die EU und insbesondere Deutschland einen deutlichen Rückstand aufweisen.

### B 1-3 e Hemmnisse Grüner Gentechnik in Deutschland

#### Verfahrensbasierte Regulierung nicht zeitgemäß

Die derzeitige Regulierung der Grünen Gentechnik wird den wissenschaftlichen Entwicklungen der letzten Jahrzehnte nicht gerecht. Produkte der Grünen Gentechnik werden in der EU verfahrensbezogen reguliert, obwohl bisher keine verfahrensinhärenten Risiken der Grünen Gentechnik identifiziert werden konnten.<sup>225</sup> Bei dieser verfahrensbasierten Regulierung steht das Verfahren im Vordergrund und nicht das veränderte Pflanzenmerkmal, von dem potenziell ein Risiko ausgehen kann. Seit der Entwicklung der Genomeditierung ergibt sich bei der verfahrensbasierten Regulierung ein Problem der Inkonsistenz. Denn durch die verfahrensbasierte Regulierung werden z. B. Pflanzen aus ungezielter und gezielter Mutagenese mit denselben Eigenschaften unterschiedlich reguliert.<sup>226</sup> Während die Pflanze aus

Abb. B 1-14 Kumulierte Anzahl der größten CRISPR-Patentfamilien im Bereich Kulturpflanzen für ausgewählte Länder und Regionen 2012–2021



[Download der  
Abbildung  
und Daten](#)

Die größten Patentfamilien enthalten drei oder mehr Anmeldungen. Patentfamilien können Anmelder und Anmelderrinnen aus mehr als einem Land haben. Die Patentfamilie wird für jedes vertretene Land einmal gezählt, daher werden einige Patentfamilien doppelt gezählt. Quelle: Eigene Darstellung basierend auf Zyontz (2024).

© EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation 2024.

ungezielter Mutagenese kein Zulassungsverfahren mit Risikobewertung durchlaufen muss, unterliegt die gleiche Pflanze aus gezielter Mutagenese einem strengen Zulassungsverfahren und einer Kennzeichnungspflicht als GVO. Darüber hinaus können nicht alle Pflanzen, die durch gezielte Mutagenese und Cisgenese mittels Genomeditierung entstanden sind, von konventionell gezüchteten Pflanzen und Pflanzen aus ungezielter Mutagenese unterschieden werden. Das erschwert die Umsetzung der Regulierung.<sup>227</sup> So führt die derzeitige Regulierung zu erheblicher Unsicherheit bei den Pflanzenzüchtern und kann Unternehmen, insbesondere KMU und Start-ups, davon abhalten, sich in der Forschung und Entwicklung zu engagieren.<sup>228</sup> Einige Länder, darunter auch Agrarexporteure wie Argentinien, Australien, Kanada und die USA, haben die Zulassung von

Pflanzen, die mithilfe neuer Züchtungstechniken (NZT),<sup>229</sup> darunter die Genomeditierung, entwickelt wurden, bereits durch Änderungen des regulatorischen Rahmens erleichtert. Dadurch wächst der Druck auf die EU, die bestehende GVO-Regulierung für solche NZT-Pflanzen anzupassen.<sup>230</sup>

Ein weiterer Kritikpunkt an der derzeitigen Regulierung sind die langwierigen und kostenintensiven Zulassungsverfahren. Diese können sich nur größere Unternehmen leisten, was eine hochkonzentrierte Marktstruktur auf dem Saatgut- und Pflanzenzüchtungsmarkt nach sich ziehen kann.<sup>231</sup> Start-ups sowie KMU werden so bei ihren Innovationstätigkeiten in diesen Bereichen stark gehemmt.<sup>232</sup> Zudem berücksichtigt die derzeitige Regulierung nicht, ob die gezüchteten Pflanzen einen



Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der EU leisten können, und setzt somit keine Anreize zur Entwicklung entsprechender Pflanzen.<sup>233</sup>

### Forschung in der EU durch strikte Regulierung eingeschränkt

Die Forschung zu Gentechnik und insbesondere zu den neuen Züchtungstechniken wird in der EU durch die derzeitige Regulierung und die daraus resultierende mangelnde Anwendungsnähe eingeschränkt.<sup>234</sup> So fanden beispielsweise in Deutschland seit 2013 keine Freilandversuche mit GVO mehr statt,<sup>235</sup> Freilandversuche mit genomeditierten Pflanzen gab es bisher überhaupt keine. Auch werden Forschungsprojekte an europäischen Forschungseinrichtungen aufgegeben oder ins außereuropäische Ausland verlagert. Ebenso ist eine Karriere in der Agrarbiotechnologie in der EU unattraktiver geworden.<sup>236</sup>

### Neue Regulierung in EU vorgeschlagen

Eine Teillösung für die genannten Hemmnisse könnte der Vorschlag der EU-Kommission zur Neuregelung von NZT-Pflanzen, die durch Mutagenese und Cisgenese entstanden sind, sein.<sup>237</sup> Der Vorschlag umfasst nicht NZT-Pflanzen, die durch Transgenese und Intragenese erzeugt wurden. Die von dem Vorschlag erfassten NZT-Pflanzen werden in zwei Kategorien eingeteilt, die sich im Ausmaß der vorgenommenen Veränderungen unterscheiden, um unterschiedlichen Risikoprofilen Rechnung zu tragen. Die erste Kategorie umfasst Pflanzen, die auch auf natürlichem Wege oder durch konventionelle Züchtung entstehen können und in weniger als 20 Basenpaaren<sup>238</sup> verändert wurden – sogenannte NGT-1-Pflanzen. Dazu gehören auch Pflanzen aus gezielter Mutagenese. Alle anderen von dem Vorschlag erfassten Pflanzen fallen in die zweite Kategorie (NGT-2). Nach diesem Vorschlag sind NGT-1-Pflanzen als solche zu kennzeichnen, nicht aber als GVO. Darüber hinaus sind NGT-1-Pflanzen von den Anforderungen der GVO-Regelung hinsichtlich Risikobewertung und Zulassung ausgenommen. Für Freilandversuche reicht eine einfache Anmeldung bei den nationalen Behörden.

NGT-2-Pflanzen unterliegen dagegen weiterhin den Zulassungsverfahren, Risikoprüfungen und der GVO-Kennzeichnungspflicht, die auch für Pflanzen aus der klassischen Gentechnik gelten. Je nach Risikoprofil können jedoch vereinfachte

Zulassungs- und Sicherheitsverfahren zur Anwendung kommen. Vereinfachte Zulassungsverfahren gelten darüber hinaus auch für Pflanzen, die einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen des Green Deal leisten können.<sup>239</sup> Die Möglichkeit der Mitgliedstaaten, den Anbau zu beschränken oder zu verbieten, wie es bei GVO möglich ist, soll für NGT-2-Pflanzen entfallen.<sup>240</sup>

Aber auch mit diesem neuen Vorschlag bleibt das Hemmnis bestehen, dass die Regulierung verfahrensbasiert ist. Dennoch ist der Vorschlag ein pragmatischer Ansatz, um zumindest die Regelung für Pflanzen, die durch Mutagenese und Cisgenese mittels neuer Züchtungstechniken entstanden sind, an die derzeitigen wissenschaftlichen Entwicklungen anzupassen.

Eine frühere Version des Vorschlags der EU-Kommission enthielt eine sogenannte Freiverkehrsklausel, die es den Mitgliedstaaten ausdrücklich untersagt hätte, die Freisetzung oder das Inverkehrbringen von NGT-1-Pflanzen oder verwandten Produkten zu verbieten oder zu beschränken.<sup>241</sup> Da diese Klausel entfiel, kann nicht ausgeschlossen werden, dass einzelne Mitgliedstaaten die Freisetzung und das Inverkehrbringen von NGT-1-Pflanzen doch beschränken und dadurch Innovationspotenziale nicht ausgeschöpft werden.

### GVO von Ökolandbau ausgeschlossen

Die EU-Öko-Verordnung schließt alle als GVO gekennzeichneten Pflanzen vom Ökolandbau aus.<sup>242</sup> GVO können jedoch ebenso wie der Ökolandbau zu Nachhaltigkeitszielen des Green Deal sowie den SDGs beitragen. Synergien zwischen Ökolandbau und Grüner Gentechnik wie die Verringerung der Ertragslücke im Ökolandbau und die Reduktion des Pflanzenschutzmitteleinsatzes durch resistente Sorten bleiben durch die gesetzlich geregelte Unvereinbarkeit ungenutzt.<sup>243</sup>

Aufgrund der Inkonsistenz der verfahrensbasierten Regulierung Grüner Gentechnik in der EU müssen Pflanzen aus ungezielter Mutagenese nicht als GVO gekennzeichnet werden, während Pflanzen mit denselben Eigenschaften aus gezielter Mutagenese einer solchen Kennzeichnungspflicht unterliegen. Dies hat zur Folge, dass Pflanzen aus ungezielter Mutagenese heute im Ökolandbau verwendet werden dürfen. Im Gegensatz dazu sind Pflanzen aus gezielter Mutagenese nicht im Ökolandbau

zugelassen. Dieses Verbot gilt gemäß dem Vorschlag der EU-Kommission auch für NGT-1-Pflanzen.

### Akzeptanz von GVO in der Bevölkerung gering

Die Bevölkerung in Deutschland steht gentechnischen Veränderungen bei Kulturpflanzen skeptisch gegenüber.<sup>244</sup> Auf die Frage nach möglichen Langzeitrisiken neuer gentechnischer Verfahren stimmen in einer Studie des BMUV 79 Prozent der Befragten zu, dass die Langzeitfolgen nicht abschätzbar seien. Ähnlich hoch ist die Zustimmung zu der Aussage, dass der Mensch kein Recht hat, Pflanzen und Tiere gezielt gentechnisch zu verändern.<sup>245</sup> Die Studie zeigt aber auch, dass die Zustimmung zu diesen Aussagen zwischen 2019 und 2021 deutlich abnahm. Aufgrund der immer noch geringen Verbraucherakzeptanz sprechen sich verschiedene Lebensmittelhändler gegen eine Unterscheidung zwischen GVO aus klassischer Gentechnik und NZT aus und setzen auf eine gentechnikfreie Produktion.<sup>246</sup>

Verschiedene Studien haben aber auch gezeigt, dass die Akzeptanz gentechnisch veränderter Pflanzen von der Art und dem Ziel der Veränderung abhängt. Ist mit einer gentechnischen Veränderung ein konkreter positiver Nutzen für Verbraucher und Verbraucherinnen oder die Umwelt verbunden, ist die Akzeptanz höher. Ebenso ist die Akzeptanz bei kleineren Veränderungen durch Genomeditierung größer als bei transgenen Pflanzen. Insgesamt ist der Informationsstand der Bevölkerung in Deutschland über Gentechnik und Genomeditierung sowie über den Nutzen gentechnisch veränderter Pflanzen für die Landwirtschaft gering.<sup>247</sup>

### Abwägung zwischen Patentrecht und Sortenschutz komplex

Den Schutz des geistigen Eigentums an Pflanzen regeln das Biopatentrecht und der Sortenschutz.<sup>248</sup> Pflanzensorten sind von der Patentierbarkeit ausgeschlossen. Ihr Schutz ist im Sortenschutzgesetz geregelt. Danach kann ein Sortenschutz erteilt werden, wenn die Sorte neu ist, sich von anderen Sorten in maßgebenden Merkmalen unterscheidet, sich diese Merkmale bei der Vermehrung einheitlich ausprägen und nach jeder Vermehrung unverändert bleiben.<sup>249</sup>

Patentierbar sind einerseits technische Verfahren,<sup>250</sup> mit denen das Genom einer Pflanze verändert werden kann, sogenannte Verfahrenspatente, anderer-

seits aber auch Pflanzen, die mithilfe solcher technischen Verfahren gezüchtet werden, sogenannte Erzeugnispatente. Die Wirkung von Verfahrens- und Erzeugnispatenten erstreckt sich auch auf die durch Vermehrung gewonnenen Nachkommen der patentierten Pflanze, wenn sie ebenfalls über die im Patent festgehaltenen Eigenschaften verfügen. Die Wirkung eines Verfahrens- oder Erzeugnispatents erstreckt sich somit auch auf die so erzeugten Sorten. Beschränkt sich die technische Ausführung einer Erfindung jedoch nur auf eine bestimmte Pflanzensorte, ist die Erfindung nicht patentierbar. Pflanzen, die im Wesentlichen mit biologischen Verfahren oder auf natürliche Weise entstanden sind, fallen nicht unter den Patentschutz.<sup>251</sup>

Die Frage, ob gentechnisch veränderte Pflanzen patentierbar sein sollten oder ob Sortenschutz ausreicht, ist umstritten.<sup>252</sup> Für den Sortenschutz mit dem darin verankerten umfassenden Züchterprivileg spricht, dass kleine und mittlere Pflanzenzüchter gentechnisch veränderte Pflanzensorten frei zur Züchtung verwenden und weiterentwickeln können, ohne durch Lizenzgebühren für Patente belastet zu werden. Für den Patentschutz spricht, dass er die notwendigen Anreize setzen kann, in die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zur Züchtung bestimmter erwünschter Eigenschaften durch aufwendige gentechnische Verfahren zu investieren. Es ist somit eine Abwägung vorzunehmen zwischen dem einfachen Zugang kleiner und mittlerer Züchter zu genetischem Material und der Schaffung von Anreizen für aufwendige Forschung. Die EU-Kommission hat sich deshalb vorgenommen, bis 2026 die Auswirkung der Patentierung von Pflanzen auf den Zugang der Züchter zu genetischem Material, auf die Verfügbarkeit von Saatgut für die Landwirtschaft und auf die Wettbewerbsfähigkeit der EU-Biotechnologiebranche zu evaluieren.<sup>253</sup>

## B 1-4 Handlungsempfehlungen

Der Einsatz digitaler und smarterer Technologien sowie Verfahren der Grünen Gentechnik eröffnen der Landwirtschaft zahlreiche Möglichkeiten, die Produktivität zu steigern, Anbaumethoden nachhaltiger zu gestalten und die Resilienz gegenüber dem Klimawandel zu stärken. Obwohl mit digitalen und smarten Technologien negative Umweltauswirkungen deutlich reduziert werden können, haben landwirtschaftliche Betriebe derzeit noch wenig

Anreize, solche Technologien einzusetzen, da der Einsatz noch vergleichsweise teuer ist. Die Chancen der Grünen Gentechnik können wegen restriktiver gesetzlicher Regelungen sowie wegen mangelnder Akzeptanz und Informationsdefiziten bei Bevölkerung und Politik nicht ausgeschöpft werden.

Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung und insbesondere dem Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft, dem Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz sowie dem Bundesministerium für Digitales und Verkehr daher folgende Maßnahmen:

### Abgabe auf Pflanzenschutz- und Düngemittel als Anreizinstrument für den Einsatz neuer Technologien einführen

- Die Ausbringung von Pflanzenschutz- und Düngemitteln sollte nach dem Vorbild Dänemarks mit einer Abgabe belegt werden. Diese Maßnahme fördert den verstärkten Einsatz digitaler und smarterer Technologien für eine nachhaltige Bewirtschaftung. Zudem schafft sie Anreize zur Züchtung von Pflanzen, die zu einem geringeren Einsatz von Pflanzenschutz- und Düngemitteln führen. Die Abgabe ist in ihrer Wirkung zu evaluieren und ihr Umsetzungsdesign gegebenenfalls anzupassen.

### Digitale Infrastruktur ausbauen

Um den Einsatz digitaler und smarterer Technologien zu beschleunigen, ist eine entsprechende digitale Infrastruktur erforderlich. Darüber hinaus bedarf es ausreichender Kompatibilität zwischen Systemen verschiedener Hersteller, um Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern zu vermeiden.

- Die digitale Infrastruktur muss auch in ländlichen Regionen ausgebaut werden, um u. a. die Integration digitaler und smarterer Agrartechnologien in das Internet der Dinge zu ermöglichen.
- Die Bundesregierung sollte einen einheitlichen Datenraum für die Landwirtschaft über die Bundesländer hinweg schaffen, um Daten für den Wissensaustausch zu teilen und nutzbar zu machen sowie die Nutzung neuer Technologien zu ermöglichen.

- Die Bundesregierung sollte sich sowohl beim Deutschen Institut für Normung als auch bei der EU dafür einsetzen, dass Schnittstellenstandards für digitale Technologien weiterentwickelt werden, um so die Interoperabilität der verschiedenen Systeme sowohl bei Hardware als auch bei Software herstellerübergreifend zu gewährleisten.

### Experimentierfelder sowie Aus- und Weiterbildung zu digitalen und smarten Technologien fördern

Aufgrund des bisher zögerlichen Einsatzes digitaler und smarterer Technologien bestehen Unsicherheiten sowohl hinsichtlich des betriebswirtschaftlichen als auch des ökologischen Nutzens.

- Experimentierfelder sollten verstärkt genutzt werden, um die Praxistauglichkeit neuer digitaler und smarterer Agrartechnologien und ihre Wirksamkeit im konkreten Anwendungsfall zu erproben und für potenzielle Anwenderinnen und Anwender sichtbar zu machen.
- Die Bundesregierung sollte Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen im Umgang mit digitalen und smarten Technologien ausbauen und finanziell unterstützen.<sup>254</sup> Hierzu sind entsprechende Curricula in den Ausbildungsstätten anzupassen und zu ergänzen.

### Rechtliche Rahmenbedingungen klären

Um Rechtssicherheit bei der Entwicklung und Anwendung neuer digitaler und smarterer Agrartechnologien zu gewährleisten, ist ein klarer Rechtsrahmen notwendig.

- Klare rechtliche Rahmenbedingungen und einfache Verfahren für die Genehmigung des Einsatzes von vollautomatisierten und autonomen Landmaschinen, Robotern und Drohnen sind zu entwickeln. Insbesondere sollte das Abwurfverbot in Verbindung mit Gewichtsbeschränkungen für Drohnen in der Landwirtschaft reformiert werden.
- Klare rechtliche Rahmenbedingungen im Bereich des Datenschutzes und der Datenhoheit sind zu schaffen, um die rechtssichere Nutzung digitaler und smarterer Agrartechno-

logien zu ermöglichen und unbefugte Datennutzung zu verhindern.

- Ebenso sollten Reallabore verstärkt genutzt werden, um regulatorisches Lernen zu ermöglichen und den Weg für eine breite Anwendung digitaler und smarterer Agrartechnologien zu ebnen.

### Öffentlichkeit zu Grüner Gentechnik besser aufklären und informieren

In der Bevölkerung und in der Politik bestehen zum Teil schwer zu begründende Vorbehalte gegenüber neuen Züchtungsverfahren und der Gentechnik generell, die u. a. auf Informationsdefizite zurückgehen.

- Es bedarf einer wissenschaftlich fundierten und koordinierten Kommunikationsstrategie der Bundesregierung, die sich auch im politischen Handeln widerspiegelt. Dabei ist es wichtig, die Öffentlichkeit über den möglichen Beitrag der Grünen Gentechnik zur Erreichung der Nachhaltigkeitsziele zu informieren und wissenschaftlich unbegründeten Ängsten zu begegnen.

### EU-Vorschlag zustimmen, verfahrens-unabhängigen Rechtsrahmen erarbeiten

Die rechtlichen Rahmenbedingungen, in denen sich die Grüne Gentechnik in der EU bewegt, hemmen nicht nur die Forschung und Entwicklung in dem Bereich, sondern auch die innovationsgestützte Transformation der Landwirtschaft.

- Die Bundesregierung sollte im europäischen Rat dem von der EU-Kommission vorgelegten Vorschlag zur differenzierten Regulierung von genomeditierten Pflanzen zustimmen. Dieser Vorschlag enthält Maßnahmen zur differenzierten Kennzeichnung von sogenannten NGT-1-Pflanzen und zur vereinfachten Zulassung von Pflanzen, die einen Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen der EU leisten können.

- Die Bundesregierung sollte die Freisetzung und den Verkehr von in der EU zugelassenen NGT-1-Pflanzen nicht beschränken.

- Die Bundesregierung sollte eine Zulassung von als NGT-1 gekennzeichneten Pflanzen im ökologischen Landbau unterstützen, wie sie bereits in einem früheren Entwurf des Vorschlags der EU-Kommission vorgesehen war.

- Langfristig sollte sich die Bundesregierung bei der EU dafür einsetzen, die Regulierung der Grünen Gentechnik dahingehend zu überarbeiten, dass über eine Zulassung gentechnisch veränderter Pflanzen vorrangig auf der Grundlage der Eigenschaften einer Pflanze anstelle des verwendeten Verfahrens entschieden wird.

### Patentrecht und Sortenschutz evaluieren

Das Patentrecht und der Sortenschutz wägen ab zwischen allgemein freiem Zugang zu Züchtungsmaterial und der Absicherung von Investitionen in die Entwicklung neuer Pflanzen durch Patente. Es handelt sich hierbei um eine komplexe Thematik, zu der es noch nicht genügend empirische Evidenz gibt.

- Der Status quo des Patentschutzes für gentechnisch veränderte Pflanzen sollte vorerst nicht verändert werden. Die Bundesregierung sollte sich bei der EU jedoch dafür einsetzen, dass die Auswirkungen des Patentrechts und des Sortenschutzes auf die Verwendung gentechnischer Methoden und auf die Anmeldung gentechnisch veränderter Pflanzen evaluiert und die bestehenden Regelungen gegebenenfalls modifiziert werden.

- Darüber hinaus sollte der Markt für Saatgut im Hinblick auf Marktschließungseffekte beobachtet werden, um gegebenenfalls wettbewerbsrechtliche Maßnahmen einzuleiten.