

# 1

## Die Braugerste

### 1.1

#### Allgemeines

Gerste zählt mit zu den ältesten Kulturpflanzen der Welt. Sie wird der Familie der Gräser zugeordnet (*Hordeum vulgare*).

An der *Blüte*, von der an der reifen Frucht nur noch wenige Reste vorhanden sind, werden u.a. folgende, um eine Spindel gruppierte Teile unterschieden:

- Der Fruchtknoten: zwei federförmige Narben, die den Blütenstaub zur Befruchtung aufnehmen; in jeder Gerstenblüte befinden sich 3 Staubgefäß, die Blütenstaub oder Pollen erzeugen.
- Zwei kleine Schüppchen an der Basis des Fruchtknotens, die bei anderen Blüten der Blütenhülle (Perigon) entsprechen.
- Zwei Hochblätter (Spelzen), die ursprünglich lose um den Fruchtknoten liegen, mit ihm aber verwachsen, sobald er sich durch die (Selbst-)Befruchtung vergrößert. Sie sind zu unterteilen in die innere (auch hintere oder obere) Spelze und in die äußere (untere oder vordere) Spelze, die auch die Grannen trägt. Gersten, bei denen die Spelzen nicht mit der Frucht verwachsen, werden Nacktgersten genannt.
- Die rückgebildeten Hüllspelzen: zwei kleine, schmale spitzige Blättchen, von borstentiger Beschaffenheit an der Basis der unteren Spelze. Sie bleiben an der inneren Spindel und sind daher am gedroschenen Korn nicht mehr erkennbar.
- Die Basalborste, ein kleiner Teil der Ährenspindel, die sich an der Basis der Frucht findet.

Je nach der Verteilung der Blüten und Ährchen lassen sich mehrzeilige und zweizeilige Gersten unterscheiden:

Die mehrzeilige Gerste besitzt auf jedem Ährchenabsatz drei Blüten, so dass um die Ährenspindel sechs Blüten angeordnet sind. Die Ähre zeigt damit sechs Körnerreihen um die Achse.

Die zweizeilige Gerste (*Hordeum distichon*) ist aus der mehrzeiligen dadurch hervorgegangen, dass von den drei auf einer Seite der Ährenspindel gelegenen Blüten nur eine, und zwar die mittlere, zur Entwicklung kommt. Es sind daher längs der Spindel nur zwei Körnerreihen vorhanden, die der zweizeiligen Gerste ihren Namen geben.

Die *mehrzeilige* Gerste kann, je nach der Länge des Spindelglieds eingeteilt werden:

- 1) In einen lockerährigen Typ mit einer Spindelgliedlänge über 2,8 mm, dessen Ähren vom Rücken her zusammengedrückt sind und dessen Mittelkörper eng an der Spindel anliegen und senkrecht übereinanderstehen. Die Seitenkörner dagegen stehen etwas von der Ährenspindel ab und sind etwas verschoben übereinander angeordnet. Bei oberflächlicher Betrachtung erscheint die Ähre vierzeilig, obwohl an jeder Spindelstufe drei Ährchen stehen [1].
- 2) In einen dichtährigen Typ (Spindelgliedlänge unter 2,1 mm), bei dem die Körner des Drillings gleichmäßig ausgebildet sind und die Ähre einem regelmäßig gebauten 6strahligen Stern gleicht. Die Körner stehen in den Zeilen senkrecht und schnurgerade übereinander. Es ergibt sich der Eindruck einer sechszeiligen Gerste.

Nur das Mittelkorn erhält infolge seiner bevorzugten Stellung in der Ähre eine symmetrische Ausbildung. Die Seitenkörner erfahren dagegen durch das raschere Wachsen des Mittelkorns einen Druck, der ein langsameres, die Form beeinflussendes Wachstum zur Folge hat. Die Seitenkörner werden durch die krumm verlaufende Furche in zwei unsymmetrische Hälften geteilt und deshalb auch als „Krummschnäbel“ bezeichnet.

Gerstenproben, in denen sich solche Krummschnäbel finden, stammen aus einer mehrzeiligen Gerste oder wurden mit einer solchen vermischt. Nachdem die Krummschnäbel schwächer sind als die Mittelkörner, weisen diese Gersten ein niedrigeres Hektolitergewicht auf. Für die Bedürfnisse europäischer Braumalze sind mehrzeilige Gersten weniger gut geeignet, da die Seitenkörner eine raschere Wasseraufnahme beim Weichen und damit ein anderes Keimbild zeigen als die Mittelkörner. Ungleicher Keigmutter und ungleiches Darrmalz ist die unvermeidliche Folge. In überseeischen Ländern werden eiweiß- und enzymreichere mehrzeilige Gersten zu Malzen verarbeitet, die als Zusatz zu rohfrucht haltigen Maischen Verwendung finden.

Die mehrzeiligen Gersten werden häufig als Wintergersten angebaut.

Die *zweizeilige Gerste* ist die eigentliche Braugerste. Sie wird hauptsächlich als Sommergerste kultiviert, während sich die zweizeilige Wintergerste noch nicht im gleichen Maße durchsetzen konnte.

Die flache Ähre der zweizeiligen Gerste zeigt eine völlig symmetrische Form sämtlicher Körner.

Die zweizeilige Gerste wird wiederum in zwei große Hauptgruppen unterteilt.

- 1) Die nickende Gerste: Die Ähre ist lang, schmal und hängt während der Reife. Die einzelnen Körner liegen nicht dicht, sondern locker aneinander.
- 2) Die aufrechtstehende Gerste: Die Ähre ist dicht, breit und steht während der Reifezeit in der Regel aufrecht, die einzelnen Körner liegen eng aneinander.

Zur Charakterisierung der heute fast ausschließlich angebauten nickenden Gersten dienen folgende morphologische Merkmale:

- a) Die Behaarung der Basalborsten mit langen geraden (Typ A) oder mit kurzen gekräuselten Haaren (Typ C);
- b) die Seitennerven des Rückenspelzes können teils glatt, teils mit einzelnen Zähnchen versehen sein, deren Zahl, Größe und Konstanz je nach Sorte wechselt;

- c) die Behaarung der Bauchfurche;
- d) die Schüppchen unterscheiden sich je nach Größe, Form und Behaarung nach den einzelnen Sorten (Abb. 1.1).

Diese Merkmale, evtl. ergänzt durch das jeweils unterschiedliche Verhalten der einzelnen Sorten gegenüber dem Schädlingsbekämpfungsmittel DDT (Dichlor-Diphenyl-Trichloräthan) ermöglichen bis anfangs der 1980er Jahre eine Identifizierung von Sorten [2, 3].

Die große Zahl an Neuzüchtungen und deren Verwandtschaft untereinander erfordert jedoch besser differenzierende, genauere Methoden zur Unterscheidung der Braugerstensorten.

Im Bereich der Europäischen Union wird heutzutage fast ausschließlich die nickende, lockerähnige zweizeilige Gerste angebaut; es dominiert hierbei der Typ A (Basalborste mit langen, geraden Haaren, keine oder nur geringe Zähnung der Seitenrückennerven).

Als neue Methoden für die Sortendifferenzierung haben sich eingeführt:

- a) Die Gel-Elektrophorese der alkohollöslichen Proteinfraktion (Hordein, s. Abschnitt 1.4.3.4), die eine Einzelkornanalyse ermöglicht [4, 5, 6]. Dabei finden sowohl saure als auch alkalische Gele Anwendung [6].
- b) Die Aleuronfärbung als Ergänzung der vorerwähnten Elektrophoreseschritte [6].
- c) Die immunchemische Bestimmung eines Antigens, das für eine Gruppe speziell von Wintergersten spezifisch ist [7].
- d) Bei der Polymerase Chain-Reaction (PCR) werden definierte Abschnitte aus der DNA eines Getreidekorns, die z. B. für ein bestimmtes Enzym codieren, nach entsprechender Amplifizierung elektrophoretisch aufgetrennt. Hierbei ergeben sich sortenspezifische Banden. Eine weitere Differenzierung derselben ist in einem zweiten Schritt mit Hilfe von Restriktionsenzymen möglich [8]. Der Vorteil der DNA-Bestimmung mittels PCR ist, dass sich hier Veränderungen durch den Mälzungsprozeß nicht auswirken [9].

Zur Unterscheidung und Kennzeichnung der Gersten wurde in früheren Jahren ihre Herkunft herangezogen, da sich gerade die aus einem milden Klima stammenden und unter günstigen Witterungsverhältnissen aufgewachsenen und geernteten Gersten für Brauzwecke gut geeignet erwiesen und eine gleichmäßige, wünschenswerte Auflösung vermittelten. Für diese Gegenden waren jeweils bestimmte „Landgersten“ typisch, die aber letztlich Gemische von biologisch recht verschiedenen Formen darstellten. Sie unterschieden sich im Pflanzen- und Ährenwuchs, ja sogar in der Reife. Sie wurden im Laufe der Jahrzehnte durch neugezüchtete Gerstensorten ersetzt, die heute für den Braugerstenanbau und den Markt bestimmend sind.

Dennoch ist neben der Sorte auch die Herkunft von nicht zu unterschätzender Bedeutung. Die sortenbedingten Eigenschaften der Gerste werden nämlich alle mehr oder weniger auch von den umweltbedingten Gegebenheiten wie Bodenverhältnisse, Klima, Düngung usw. mit beeinflußt. So vermögen oftmals charakteristische Gerstensorten eines bestimmten Landes in einem anderen Gebiet ihre günstigen Eigenschaften nicht bzw. nicht voll zu entfalten. Die Vegetationszeit und das Klima während derselben spielen eine bedeutsame Rolle für den Eiweißgehalt, die Mehlkörperstruktur, das Enzymsbildungsvermögen, kurz,

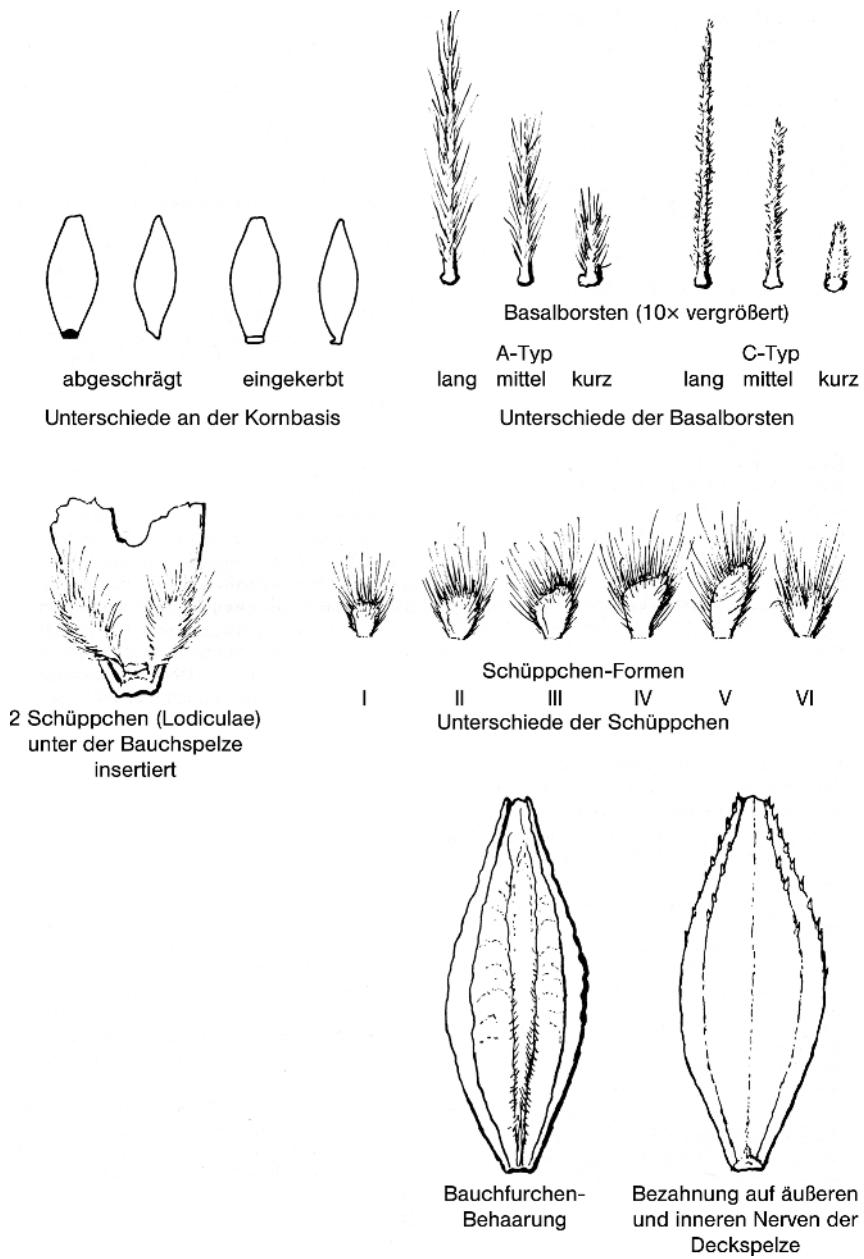


Abb. 1.1 Äußere Merkmale von Braugersten.

die spätere Qualität und die Verarbeitungsfähigkeit der Gersten. Die Witterung bei Abreife und Ernte bestimmen die Keimfreudigkeit des Gutes.

## 1.2

### Gerstenanbau

#### 1.2.1

##### Die Entwicklung der Gerste

Die *Aussaat* der Gerste soll in Abhängigkeit von Klima und Boden möglichst früh erfolgen (in Deutschland Mitte bis Ende März), da hierdurch die Voraussetzung für eine lange Vegetationszeit geschaffen wird. Die *Saatmenge* beträgt durchschnittlich 150 kg/ha. In der modernen Landwirtschaft wird heute aber überwiegend mit Körnern pro m<sup>2</sup> gerechnet. Je nach Saatzeitpunkt und gewünschter Bestandesdichte (Ähren je m<sup>2</sup>) beträgt die Aussaatstärke 250–450 Körner pro m<sup>2</sup>. Die Bestandesdichte sollte zur Erreichung eines maximalen Ertrages bei gleichzeitiger Bewahrung eines hohen Vollgersteanteils zwischen 600 und 800 Ähren pro m<sup>2</sup> betragen. Die Reihenentfernung sollte nicht mehr als 14 cm betragen [10, 11].

Da die Gerste bei Temperaturen von über 5 °C keimt, bilden sich bei einer Lufttemperatur von 7–9 °C und einer Bodentemperatur von ca. 6 °C im Laufe von 3–4 Tagen Wurzeln; der Blattkeim erreicht nach 6–8 Tagen die Erdoberfläche und bildet dicht unterhalb derselben einen Bestockungsknoten, aus dem neben dem primären Halm noch mehrere sekundäre Halme hervortreten. Die „Bestockung“ ist stark bei geringer Saatdichte, tiefer Temperatur, hoher Feuchte und kräftiger Düngung. Aus dem Bestockungsknoten entwickeln sich die sog. Kronen- oder Adventivwurzeln, die das Hauptwurzelsystem bilden. Der zweite Knoten bildet sich nach einem nur wenige Millimeter langen Halmglied aus. Dieses, wie auch das verhältnismäßig kurze folgende Halmglied ist sehr elastisch. Jedes Halmglied ist etwa so lang wie die Summe der darunterliegenden; das sechste trägt meist die Ähre. Die Blätter, die sich aus den Knoten entwickeln, bestehen aus Blattspreite und Blattscheide. Die erstere wächst aus dem Knoten und dient als Stütze für die Zwischenglieder (Internodien). Die aufeinanderfolgenden Blattspreiten stehen sich 180° gegenüber. Die Dicke der Halmwandung nimmt von unten nach oben ab. Die einzelnen Entwicklungsstadien der Gerste zeigt Abb. 1.3 a (s. Abschnitt 1.2.9).

Das Strecken der Triebe bis zur Ausbildung der Blütenstände wird als „Schossen“ bezeichnet. Das Austreten der Ähre aus der Blattscheide stellt einen genau erfaßbaren Abschnitt, das „Ährenschieben“, dar.

Die Gerste blüht in der Regel Anfang bis Mitte Juni; die *Blüte* dauert 8–10 Tage, sie verlängert sich aber bei Regenwetter. Bei der Befruchtung platzen die Antheren in der Regel vor dem Öffnen der Blüte, so dass die Kornbildung zu meist auf Selbstbefruchtung zurückzuführen ist.

Die Nährstoffzufuhr durch die Wurzeln der Gerstenpflanze kommt bereits einige Wochen vor der Reife zum Erliegen. Um so stärker setzt die Einwanderung der in den Halmen, Scheiden, Blättern und Spelzen vorhandenen löslichen Stoffe in die Frucht ein. Ihr zunächst noch halbfüssiger Inhalt wird fester, das Chlorophyll verschwindet und es tritt die gelbe Farbe der Reife auf. Mit vollendeter Stoffeinlagerung erfolgt eine Umsetzung der niedermolekularen Produkte zu hochmolekularen Eiweißen, Fetten und Kohlenhydraten.

Es sind vier Reifestadien zu unterscheiden, die allgemein aus den Mittelkörnern der Ähre festgestellt werden und die auch zahlenmäßig als Vegetationsstadium ihren Ausdruck finden (s.a. Abschnitt 1.2.9):

- Grün- oder Milchreife* (Veg.-Stadium 75): Das Korn hat seinen größten Umfang erreicht, da bereits alle Zellen gebildet sind. Deren Inhalt ist noch dickflüssig und milchartig; Spelzen und Bestand sind noch grün. Die Eiweiseinlagerung ist in den Monaten Mai und Juni am stärksten, es nimmt jedoch bei fortschreitender Stärkeeinlagerung der relative Anteil der Kohlenhydrate zu. Die Zeit der Milchreife ist etwa Ende Juni bis Anfang Juli.
- Gelbreife* (Veg.-Stadium 85): Trotz weiterer Stoffeinlagerung schrumpft das Korn etwas; es ist zäh und knetbar. Die gelbe Reifefarbe stellt sich ein, die Spelzen werden strohfarbig. Das Korn ist trotzdem leicht über den Fingernagel zu biegen.
- Vollreife* (Veg.-Stadium 90): In den letzten Woche wandern noch Stärke und auch etwas Eiweiß ein; das Korn schrumpft jedoch weiter und wird hart und zäh. Der Halm beginnt abzusterben, auch die oberen Knoten schrumpfen ein. In diesem Stadium, das 6–7 Wochen nach dem Ährenschieben gegeben ist, kann die Gerste geerntet werden (Ende Juli bis Anfang August).
- Totreife* (Veg.-Stadium 95): Der Inhalt des Korns ist vollkommen hart und damit bruchempfindlich. Stoffliche Umwandlungen erfolgen nicht mehr. Es besteht die Gefahr des Ährenknickens. Trotzdem ist dieser Zeitpunkt für den Mähdrusch am günstigsten [12].

Nach dem Überschreiten der Milchreife vermindert sich in der Regel die vorher bereits vorhandene Keimbereitschaft des Embryos. Die damit eingeleitete Phase der Keimruhe erreicht bis zur Vollreife ihr Maximum, wobei erhebliche Sortenunterschiede bestehen. Auch die Witterungsbedingungen (besonders die Temperaturen) während der Abreife spielen eine erhebliche Rolle. Wie noch zu zeigen sein wird, sind die Ursachen der Keimruhe sehr komplex (s. Abschnitt 3.4.1). Neben hormonalen Substanzen (Abscisin) im Embryo, die als Antigibberelline aufgefaßt werden können, haben auch keimhemmende Wirkstoffe phenolischer Natur in den Spelzen und in der Fruchtschale sowie die Struktur der Frucht- und Samenschale eine Bedeutung. Die Dauer der Keimruhe ist abhängig von dem Zeitraum, der zum Abbau der keimhemmenden Effekte erforderlich ist. Dabei kann der schon abklingenden primären Keimruhe eine sekundäre Keimruhe folgen. Auf die Keimruhe des Getreidekorns kann auch durch die Lagerbedingungen entscheidend Einfluß genommen werden. Das Stadium nach Beendigung der Keimruhe wird als Vegetationsstadium 99 bezeichnet [13].

Die sogenannte Notreife tritt ein, wenn z.B. durch Trockenheit die Reifeprozesse vorzeitig abgebrochen werden. Dies äußert sich in einem geringeren Stärke- und höheren Eiweißgehalt. Die enzymatischen Aktivitäten sind noch teilweise gegeben, die Keimruhe ist nur wenig ausgeprägt.

Ein harmonischer Verlauf des Wachstums und der Reife ist für eine gute Braugerstenqualität von großer Bedeutung. Bei günstigen Boden- und Klimabedingungen wird diesen Anforderungen in unseren Breiten in der Regel entsprochen.

### 1.2.2

#### **Ansprüche an Klima und Boden**

Die Sommergerste ist die Kulturart mit der größten ökologischen Streubreite. Die hohe Blattbildungsraten und die schnelle Kornbildung sowie ein relativ geringer Wasserbedarf ermöglichen es, dass auch in kurzen Vegetationszeiten und bei geringer Wasserverfügbarkeit ansprechende Erträge realisiert werden können. Daher ist die Sommergerste in den Mittelgebirgslagen eine bevorzugte Fruchtart und in der Lage, mit der Wintergerste zu konkurrieren. Auch Frost bis  $-6^{\circ}\text{C}$  kann von der Sommergerste in der Bestockungsphase verkraftet werden.

Die geringe Wasserabgabe über die Blattfläche im Vergleich zu anderen Getreidearten erklärt den geringen Wasserbedarf. Dieser liegt je 100 kg/ha Ertrag bei  $2,5\text{--}3,0 \text{ l/m}^2$ . Bei einer Wasserverfügbarkeit von  $150 \text{ l/m}^2$  durch Bodenwasservorrat und Niederschläge während der Vegetationszeit, kann sich der Ertrag auf 50–60 dt/ha belaufen.

Das Ertragsniveau wird maßgeblich von der Vegetationsdauer beeinflusst. Bei einer Dauer von 110 Tagen sind Körnerträge von 60 dt/ha möglich, bei 140 Tagen können über 80 dt/ha erzielt werden. Die Vegetationsdauer wird vom Aussaattermin, von der Temperatur, vom Wasserstress und von der Nährstoffversorgung beeinflusst. Je früher die Aussaat stattfindet, desto länger die Vegetationsdauer. Höhere Temperaturen führen erst ab  $35^{\circ}\text{C}$  zur Notreife und somit zu einer Verkürzung der Vegetationsperiode. Wasserstress beschleunigt die Abreife. Ein Mangel an Nährstoffen beschleunigt die Entwicklung während des Schossens und während der Kornausbildung.

In der Zeit nach der Aussaat und vor dem Schossen findet die Bestockung statt. Sie bestimmt die Anzahl der ährentragenden Halme. Eine kühle Witterung führt zu einer langsamen, aber stabilen Entwicklung von Seitentrieben mit Ährchenanlagen. Zu hohe Temperaturen führen zu einem schnelleren Übergang in das Schossen und somit zu einer geringeren Bestockung.

Der Übergang in die Schossphase wird durch die Temperatursumme bestimmt. Diese beträgt bei Sommergerste  $500^{\circ}\text{C}$ -Tage ab dem Feldaufgang (die Summe der Durchschnittstemperatur aller Tage, an denen diese mindestens  $6^{\circ}\text{C}$  beträgt).

Dennoch ist ein zeitiges Frühjahr wünschenswert, um eine baldige Aussaat der Sommergerste zu ermöglichen. Nach der Saat ist eine feuchte, nicht zu kühle Witterung günstig. Während der Zeit des Schossens sowie kurz vor und nach dem Ährenschieben ist ein hoher Wasser- und Nährstoffbedarf gegeben (Ende Mai – Anfang Juni), der bei kühler Witterung eine gleichmäßige Entwicklung fördert. Trockenes Wetter beim Ährenschieben kann auf leichten Böden

ein Steckenbleiben des Wachstums zur Folge haben, das zu Ertragsminderungen und u.U. zu einem geringeren Brauwert der Gerste führt. Vom Ährenschieben ab soll warmes und trockenes Wetter vorherrschen, um eine gute Assimilationsleistung und damit die Entwicklung zu extraktstarken und keimfähigen Gersten zu ermöglichen.

Während mehrjährige Sommer- und Wintergersten auf geringeren Bodenqualitäten befriedigende Vegetationsbedingungen vorfinden, bevorzugt die Braugerste aufgrund ihres schwachen Wurzelsystems einen lockeren, milden, möglichst kalk- und humushaltigen, garefähigen Lehmboden sowie eine mäßige Feuchtigkeit von 400–600 mm Jahresniederschlag. Es ist jedoch die Eignung des Bodens vom jeweils herrschenden Klima abhängig: So brauchen Anbaulagen mit guten und schweren Lehm- bzw. Lößlehmböden ein möglichst trockenes Klima, damit sich der Boden ausreichend erwärmen und mit Luft versorgen kann. Eine gute Wasserhaltefähigkeit des Bodens ist bei Braugerste ein entsprechender Ersatz für Niederschläge. Je leichter und durchlässiger ein Boden ist, desto reichlicher können die Niederschläge sein (800–900 mm). So wachsen auch auf Muschelkalk- und Juraböden ausgezeichnete Braugersten, während sehr leichte Böden und Sandböden in Trockengebieten sowie sehr schwere tonige Böden in Niederschlagsgebieten für den Braugerstenanbau ungeeignet sind, wie auch Braugerste gegen Verkrustung der Böden empfindlich ist [3, 14].

Die Sommergerste wurde in den letzten Jahren aus ihren klassischen Anbaugebieten z.T. durch Wintergerste und Weizen verdrängt und ist jetzt stärker auf leichteren Böden und in höheren Lagen zu finden [15].

Dennoch mußte die Braugerste aus wirtschaftlichen Überlegungen (z.B. Maisanbau) auch aus diesen Gebieten weichen.

Klima und Bodenbeschaffenheit beeinflussen nicht nur den Zeitpunkt der Aussaat der Gerste, sondern auch den der Ernte. Die durch beide Daten bestimmte *Vegetationszeit* hat einen Einfluß auf die Mälzungs- und Brauqualität der Gerste. Kurze Vegetationszeiten (100–112 Tage), hervorgerufen durch späte Aussaat, durch heißes und trockenes Wetter während des Aufwuchses und nach der Blüte bis zur Reife, erbringen eiweißreichere Gersten mit geringen Extraktgehalten, niedriger Enzymkapazität und führen so zu knapp gelösten Malzen, die eine Reihe von Verarbeitungsschwierigkeiten während der Bierbereitung verursachen können. Eine lange Vegetationszeit (125–140 Tage), wie sie bei feuchter, kühler Witterung – vor allem auch im Bereich maritimen Klimas – resultiert, liefert zwar Gersten von längerer Keimruhe und entsprechender Wassерempfindlichkeit; diese sind jedoch meist eiweißärmer, extraktstärker und enzymreicher und führen in der Regel zu hochgelösten Malzen. Es wurde sogar eine klare Abhängigkeit zwischen Vegetationszeit und dem Gehalt der Malze an Endo-Enzymen (s. Abschnitt 4.1.4.3) sowie dem Niveau einiger wesentlicher Malzanalysendaten gefunden [16].

Aus diesen Gegebenheiten leitet sich auch die über den Sorteneinfluß dominierende oder diesen verstärkende Wirkung des Anbauortes ab [17–19].

### 1.2.3

#### **Die Fruchfolge**

Sie ergibt sich aus der Notwendigkeit, in der Landwirtschaft eine Reihe von Früchten nebeneinander anzubauen, um die anfallenden Arbeiten zu verteilen und um das Risiko der wechselnden Jahreswitterung, der Pflanzenseuchen, des Schädlingsbefalls sowie der jeweils arteneigenen Verunkrautungsneigung abzuschwächen. Es hat sich erwiesen, dass eine bestimmte Anbaufolge in der Felderwirtschaft aus Gründen der Gesundheit von Boden und Pflanze erforderlich ist. Wenn möglich, soll die „Vorfrucht“ nicht nur unschädlich für die folgende Frucht sein, sondern sogar eine ertragssteigernde Wirkung haben.

Die Gerste ist in der Fruchfolge eine mit sich selbst mäßig verträgliche Pflanzenart [14], wobei diese Eigenschaft bei Sommergerste wesentlich ausgeprägter auftritt als bei Wintergerste. Sie wird vorwiegend nach Winterweizen oder Winterroggen angebaut. Nur in einzelnen Regionen mit durchlässigen, leichteren Böden findet Braugerste noch eine günstige Folge nach Hackfrüchten (Futterrüben, Kartoffeln). Hülsenfrüchte und Klee sammeln Stickstoff und sind daher als Braugerstenvorfrucht mit Ausnahme stickstoffarmer Böden ungeeignet. Die Gersten würden hier zu eiweißreich und neigen darüber hinaus zum „Lagern“ [10]. Heute überwiegt Weizen als Vorfrucht. Es ist unter bestimmten Bodengegebenheiten sogar möglich, Sommergerste nach Weizen zweimal nacheinander als sog. „abtragende Frucht“ anzubauen.

Die weniger vorfrucht- und saatzeitempfindliche Wintergerste kann gut nach Raps, Hülsenfrüchten und Frühkartoffeln, aber auch noch mit Erfolg nach Weizen angebaut werden. Sommer- und Wintergerste sind jedoch ihrerseits ungünstige Vorfrüchte für andere Getreidearten.

### 1.2.4

#### **Die Düngung**

Nachdem die Gerste ein sehr zartes Wurzelsystem hat, welches nicht tief in den Boden eindringt, müssen die notwendigen Nährstoffe ausreichend und in einer leicht aufnehmbaren Form zur Verfügung stehen. Die relativ kurze Vegetationszeit der Gerste erfordert es auch, dass diese Nährstoffe vorzeitig vorhanden sind.

Die *Stickstoffgabe* kann relativ hoch sein (früher 30 kg/ha, heute 60–80 kg/ha), wenn diese nicht zu spät ausgebracht wird, ausreichend Kali und Phosphor vorhanden sind und standfeste Gerstensorten zur Aussaat kamen. Auch Bodenbeschaffenheit, Vorfrucht und Klima spielen bei der Bemessung der Stickstoffgabe eine Rolle. Die nicht ausgewaschenen Stickstoffreserven des Bodens üben einen bedeutsamen Einfluss auf den späteren Eiweißgehalt der Gersten aus. Bodenuntersuchungen dienen u.a. der Erfassung des Vorrats an mineralisiertem Stickstoff ( $N_{min}$ ), der im Verein mit der Berücksichtigung relevanter Wittringselemente und der einschlägigen Bodenkennzahlen einen Hinweis gibt, wieviel Stickstoff noch eingesetzt werden muß, um Ertrag und Qualität günstig zu gestalten [20]. Der Temperaturverlauf im Monat Januar vermag Hinweise zu

geben: niedrige Temperaturen unterbinden Umsetzungen im Boden, wodurch vergleichsweise höhere Eiweißgehalte hervorgerufen werden können. Es sollten somit zur Bemessung der Stickstoffdüngung u.a. die Wintertemperaturen als Beurteilungsmerkmal herangezogen werden [19]. Im maritimen Klima werden höhere N-Gaben vertragen als im kontinentalen Bereich. Je reichlicher und je später der Stickstoff als Kopfdünger zum Einsatz kommt, um so höher wird der Eiweißgehalt der Gerste.

Phosphor (50–60 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) fördert die Bestockung und den Vollgersteertrag. Dies ist insbesondere auf Standorten mit langsamer Erwärmung im Frühjahr und mit Frühjahrstrockenheit der Fall.

Auf den gleichen Standorten bewährt sich auch eine gute Kaliumversorgung, um den Stress durch Trockenheit abzumildern. Eine hohe Kaliumversorgung wirkt sich durch eine intensive Stärkeeinlagerung positiv auf das spezifische Gewicht der Gerste aus. Die empfohlene Menge liegt bei 120–140 kg/ha K<sub>2</sub>O. Weiter empfiehlt sich eine Magnesiumdüngung von 30–40 kg/ha MgO.

Kalk: Gerste reagiert empfindlich auf niedrige pH-Werte, daher ist der Versorgung mit Kalk besondere Aufmerksamkeit zu schenken. Ein zu hoher pH-Wert führt zu einer Ertragsdepression. Dies ist auf Lehmböden ab pH 6,5 und bei Sandböden erst ab pH 6,0 der Fall. Es wird empfohlen, 500–1000 kg/ha CaO während der Saatbettbereitung auszubringen. Durch die Kalkung wird aber die Verfügbarkeit von Spurenelementen wie z.B. Mangan herabgesetzt, so dass hier mit einer Blattdüngung zu reagieren ist. Ein hinreichender Kalkgehalt im Boden macht die Gerstenspelze fein [10].

Des weiteren spielen noch einige andere Mineralien eine wichtige Rolle.

Eine Übersicht vermittelt Tab. 1.1.

Durch sachgemäße Düngung konnten die Erträge nicht un wesentlich gesteigert werden. Sie betragen in günstigen Lagen über 50 dt/ha, in maritimen Anbaugebieten über 60 dt/ha.

### 1.2.5

#### Pflege der Gerste während des Aufwuchses

Sie beinhaltet die mechanische Bearbeitung des Bodens zum Zwecke der Lockerung und der Unkrautbekämpfung. Unkräuter können auch durch sachgemäße Düngung und durch entsprechende Fruchtfolge sowie durch Einsatz chemischer Mittel (meist in Form von Spritzmitteln) bekämpft werden.

**Tab. 1.1** Ausreichende Nährstoffgehalte für Sommergerste [22].

Stadien	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	Zn	Cu	Bo	Mo
	in % der TS						in ppm (g/kg TS)				
EC30/31	2,8–5,0	0,35–0,60	3,0–5,5	0,50–1,00	0,15–0,30	>0,4	30–100	6–12	20–60	0,1–0,2	6–12
EC37	2,0–4,0	0,3–0,5	2,5–4,5	0,45–1,00	0,12–0,30	>0,35	25–100	5–10	15–60	0,1–0,3	5–10

### 1.2.5.1 Krankheiten und Schädlinge

Gegen *Insektschädlinge* wie Drahtwurm, Fritfliege, Engerlinge, Getreidehalmfliege erbringt das Beizen des Saatgutes eine genügende Sicherheit. Einige *Pilzkrankheiten* werden ebenfalls durch Beizen unterdrückt wie z.B. Hartbrand und Streifenkrankheit.

Mehltau gilt heutzutage als eine der am einfachsten zu bekämpfenden Pilz-erkrankungen, da sie leicht zu erkennen ist und bestimmte Fungizide erfolgs-versprechend eingesetzt werden können. Moderne Braugerstensorten weisen meist das sehr effektive mlo-Resistenz-Gen auf.

Eine immer häufiger auftretende Krankheit ist Rhynchosporium. Sie tritt verstärkt unter feuchten Bedingungen auf und ist schwer zu bekämpfen, da sie kaum frühzeitig erkennbar ist. Vereinzelt haben neue Sorten eine genetische Resistenz, die hier einen sehr guten Schutz bietet.

Weitere Krankheiten, die immer stärker in den Fokus rücken, sind Netzflecken und Ramularia. Resistente Sorten sind nicht bekannt, es gibt aber Sorten, die weniger anfällig sind.

Einen Überblick über die Resistenzen bzw. Toleranzen der meist verbreiteten deutschen Sorten (seit Zulassungsjahr 1996) gibt Tab. 1.2.

Auch dem in feuchten Jahren auftretenden *Gelbrost* kann durch entsprechende Züchtung begegnet werden.

Der *Zwergrost* tritt gegen Ende der Vegetationszeit auf und kann vor allem in trockenen Jahren Ertragsschäden bewirken.

**Tab. 1.2** Krankheitsbonitur (BSA 2009) der am meisten verbreiteten Sorten.

Sorten-bezeichnung	Jahr der Zulassung	Mehltau	Netzflecken	Rhynchosporium	Zwergrost
Grace	2008	4	4	5	4
Streif	2007	2	5	5	4
Quench	2006	2	5	4	6
Marthe	2005	2	4	5	5
Sebastian	2005	6	4	5	3
NFC Tipple	2004	2	4	5	3
Belana	2003	5	4	5	4
Braemar	2002	2	5	6	4
Annabell	1999	7	5	6	5
Pasadena	1998	5	5	6	3
Barke	1996	2	5	5	4
Scarlett	1996	8	5	5	–

1 = fehlend, 2 = sehr gering bis gering, 3 = gering, 4 = gering bis mittel, 5 = mittel, 6 = mittel bis stark, 7 = stark, 8 = stark bis sehr stark, 9 = sehr stark.

### 1.2.5.2 Lagerung der Gerste

Die Lagerung der Gerste, d.h. ein Niederlegen der Halme zu den verschiedensten Zeitpunkten der Vegetation, ist von großer wirtschaftlicher und qualitativer Bedeutung. Gelagerte Bestände bringen im Durchschnitt niedrigere Erträge als aufrechtstehende; die Qualität wird beeinträchtigt, da der Transport der Nährstoffe und Assimilate gehemmt oder zeitenweise unterbrochen werden kann. Schlechte Kornausbildung und ein höherer Anteil an Schrumpf- und Schmachtkörnern sind die Folge, ebenso niedrigere Hektoliter- und Tausendkorngewichte. Ferner bieten liegende Getreidebestände pilzlichen Schädlingen, insbesondere Schwärzepilzen, gute Entwicklungsmöglichkeiten. Lagerfrucht entsteht unter bestimmten klimatischen Bedingungen (reichlich Niederschläge), die in Verbindung mit hierfür unzweckmäßiger Düngung (z.B. zuviel Stickstoff) eine schlechtere Ausbildung der Halmfestigungsgewebe hervorrufen können. Eine zu hohe Saatgutdichte kann infolge mangelnder Lichteinwirkung die unteren Halmteile schwächen und eine geringere Wurzelentwicklung zur Folge haben. Die Vorfrucht hat dagegen nur einen indirekten und verhältnismäßig geringen Einfluss auf die Standfestigkeit. Leguminosen wirken jedoch lagerfördernd.

Die Sorte wirkt sich in verschiedenerlei Hinsicht aus, so auf Wurzelausbildung, die Strohstärke, Bestockungsfähigkeit, auf Halmaufbau und Halmgliederung und auf die chemische Zusammensetzung der Pflanze.

Eine gute Standfestigkeit haben kurzstrohige Gersten. Das Merkmal der Kurzstrohigkeit kann auch durch Halmverkürzungsmittel dargestellt werden. Während CCT (Chlorcholinchlorid) bei Gerste keine Wirkung zeigte [23, 24], waren Präparate auf Ethylenbasis positiv, vor allem bei Wintergersten.

## 1.2.6

### Besondere Anbautechniken

#### 1.2.6.1 Integrierter, kontrollierter und ökologischer Anbau [25]

Aus Gründen des Schutzes von Verbrauchern und Umwelt wurden die im Abschnitt 1.2 geschilderten Methoden des Gerstenanbaus modifiziert. Bei Anbauverträgen werden heutzutage folgende Anbaugegebenheiten unterschieden:

„Integrierter Anbau“: Er stimmt die Standortgegebenheiten und die Produktionsmethoden so aufeinander ab, dass bei hoher Umweltschonung ein höchstmögliches ökonomisches Ziel erreicht wird. Diese Anbaumethode schont die Umwelt, doch die ökonomischen Gesichtspunkte dominieren in der Anwendung dieses Anbausystems. Integrierter Braugerstenanbau ist z.B. in Bayern Standard.

„Kontrollierter Vertragsanbau“ ist integrierter Anbau, wobei zwischen den Vertragspartnern vereinbarte Anbauregeln durch neutrale Stellen kontrolliert werden. Auch hier wird das Ziel verfolgt, mit vertretbaren ökonomischen Ergebnissen umweltschonend zu produzieren.

„Ökologischer Anbau“ verzichtet weitgehend auf den Einsatz chemischer Betriebsmittel auf der Gesamtfläche des Betriebes. Ökologische Belange haben Priorität.

Rohstoffe aus dem ökologischen Anbau sind die Voraussetzung zur Herstellung von sog. „Öko-Bieren“.

#### 1.2.6.2 Mischgerstenanbau

Der Gedanke ist, nicht nur eine hochwertige Braugerstensorste, sondern ein Gemisch aus 4–5 technologisch gleichwertigen Sorten anzubauen. Damit sollen Schimmelpilz-, Bakterien- und andere Infektionen auf dem Feld abgeschwächt oder gar vermieden werden. Es ergibt sich nämlich von Sorte zu Sorte eine geringere Bestandsdichte und damit je nach Resistenz bzw. Toleranz der jeweiligen Sorten eine geringere Befallsneigung.

Es ergaben sich Ertragsvorteile im Mischanbau von 0,4–3,3 dt/ha gegenüber den Mittelwerten beim Einzelsortenanbau. Die beste Einzelsorte erreichte jedoch um 1,4 dt/ha mehr als der Mischanbau.

Weiterhin wurde bei den Mischsorten auf eine Fungizidbehandlung verzichtet und gegenüber dem Einzelsortenanbau um 32–45% weniger Pilzbefall festgestellt, wodurch ein Mehrertrag von 1,2 dt/ha resultierte. Dies konnte aber eine zusätzliche Anwendung von Fungiziden nicht entbehrliech machen, da diese immerhin einen Mehrertrag von 4–8 dt/ha vermittelte. Der Sortenmischeffekt wurde gegenüber der Fungizidwirkung überschätzt [26–29].

Es war eine größere Breitenresistenz der Mischung gegeben, es bestand eine geringere Gefahr von frühzeitigem Resistenzeinbruch.

Das Mälzungsverhalten und die resultierende Malzqualität waren bei den Sortenmischungen vergleichbar mit den Mittelwerten aus sortenreinen Gersten [30]. Es zeigte sich sogar, dass die Malze aus Mischsortenanbau günstigere Ergebnisse erzielten als Malze, die aus einer Mischung der eigenständigen Sorten hergestellt worden waren. Sie übertrafen weiterhin entsprechende Mischungen aus getrennt gemälzten, dann aber verschnittenen sortenreinen Malzen [31]. Dies ist insofern erklärbar, als identische Wachstumsbedingungen einen größeren Einfluss auf die letztliche Malzqualität ausüben als die verschiedenen Sortencharakteristiken.

Diese Ergebnisse vermochten jedoch keine Einführung in die landwirtschaftliche Praxis zu bewirken (mit Ausnahme der damaligen DDR), da Organisationsfragen wie z. B. der Aufnahme und Lagerung dieser Ware, die Trennung der Partien über die Mälzerei bis zu den verarbeitenden Brauereien nicht gelöst waren und letztlich unkontrollierbare Verhältnisse befürchtet wurden. Man denke dabei auch an die analytische Kontrolle des Spektrums der angebauten Sorten (s. Abschnitt 1.1).

#### 1.2.7

#### Die Gerstenernte

Nach der alten Erntemethode sollte die Gerste in der Totreife geschnitten werden, in Puppen gut austrocknen und nach dem trockenen Einbringen in der Scheune 4–6 Wochen liegen, damit sie im ungedroschenen Zustand einen

Schwitzprozeß durchmachen konnte. Hierdurch erreichte die Gerste die volle Mälzungsreife, d.h. sie überwand die Keimruhe. Meist wurden jedoch aus arbeitstechnischen Gründen die Gersten mit Gras- oder Bindermähern zu früh geschnitten, so dass das Vegetationswasser durch längeres Stehen in Puppen abgegeben werden mußte. Ein zu frühes Einfahren barg die Gefahr, dass die Gerste über den üblichen Schwitzprozeß hinaus sich stark erhitzte, braunspitzig wurde und in Geruch und Keimfähigkeit litt. Bei guter Austrocknung auf dem Feld war diese Gefahr nicht gegeben, selbst nicht bei nachfolgender Beregnung, da dieses „Quellwasser“ wieder leicht abgegeben wurde.

Beim Mähdrusch muß der Schnitt zum Zeitpunkt der Totreife erfolgen, eine Voraussetzung, die deswegen erfüllbar ist, weil die meisten Braugerstensorten gegen Halmknicken und Kornausfall weniger empfindlich sind. Nachdem in der Totreife keine Wasserführung zwischen Pflanze und Korn mehr besteht, ist der Wassergehalt der Gerste nur mehr von Außeneinflüssen abhängig. Es soll daher beim Mähdrusch sowohl der Wassergehalt der Körner als auch die herrschende Luftfeuchte beobachtet werden, um bei sehr trockener Gerste eine Beschädigung des Gutes zu vermeiden.

Wenn auch bei der Ernte zur Zeit der Totreife die natürlichen Trocknungsgegebenheiten weitgehend ausgenutzt werden, so kann sich jedoch bei feuchter Witterung ein Wassergehalt von 17 bis 20% ergeben. Dieser wird am besten unmittelbar nach dem Drusch auf 14–15% künstlich abgesenkt, da nur unter dieser Voraussetzung die Gerste während des Erfassungszeitraumes gefahrlos gelagert werden kann. Kurz nach der Ernte, infolge der bei der Nachreife auftretenden Feuchtigkeitsabscheidung bedarf es einer zusätzlichen Lüftung oder Umlagerung (s. Abschnitt 3.4.3).

Unter diesen Voraussetzungen gelingt es, auch unter den Gegebenheiten des Mähdruschs einwandfreie Braugerste zu erzielen. Die Kornverluste sind bei Mähdrusch geringer als bei den alten Methoden (bis 150 kg/ha).

Der *Hektarertrag* schwankt zwischen 5 dt – bei ungünstigen Anbauverhältnissen (Entwicklungsländer) und geringer Bearbeitung – und 80 dt in den besten Lagen und bei hoher Anbaukultur. In den Braugerstengebieten Europas werden im Durchschnitt 30–50 dt/ha erreicht. Winterbraugersten liegen um 10–15% höher.

### 1.2.8

#### Die Gerstenzüchtung

Die Züchtung neuer Braugerstensorten hat zum Ziel:

- a) Landwirtschaftliche Faktoren: Resistenzen bzw. Toleranzen gegen Krankheiten und Schädlinge (damit weniger Pflanzenschutzmaßnahmen durchgeführt werden müssen, was eine wirtschaftlichere Produktion erlaubt), Standfestigkeit und Ertrag sind die klassischen Zuchziele aus Sicht der Landwirtschaft. Durch die Diskussion um den Klimawandel ist der Aspekt der Trockenstreßtoleranz hinzugekommen.
- b) Mälzungs- und brautechnologische Faktoren: niedriger Eiweiß-, hoher Extraktgehalt, eine klimabezogene Keimruhe, gute Kornausbildung, niedriger Spelzengehalt, gute Lösungseigenschaften (Cytolyse, Proteolyse, Amylolyse), gute Braueigenschaften, einwandfreie Bierqualität.

Das ursprünglichste und einfachste Verfahren zur Züchtung einer Gerstensorte ist die Pflanzenauslese (Formenkreistrennung). Sie ging von den Landsorten aus, wie sie seit langem in den bekanntesten Braugerstenlagen angebaut wurden, so z.B. an der Saale, in der Pfalz, in Franken oder Niederbayern. Diese Landsorten enthielten naturgemäß eine Fülle von unterschiedlichen Gerstenformen: lang- und kurzährige, locker- und dichtährige, grob- und feinspelzige, früh- und spätreife Formen. Diese wurden nun durch Auswahl voneinander getrennt, die Körner der Auswahlpflanzen in gut vorbereitete gleichmäßige Böden ausgelegt und während der Vegetationsperiode auf Wuchseigentümlichkeiten, Anfälligkeit für Krankheiten und Standfestigkeit geprüft und ungeeignete Gersten ausgeschieden. Diese Arbeiten, die jahrelang wiederholt werden müssen, werden „Züchtung durch Formen- oder Linientrennung“ genannt, wobei unter „Linie“ jeweils die Nachkommenschaft einer homozygoten Pflanze zu verstehen ist.

Mit Hilfe dieser einfachen Formenauslese wurde eine Reihe hervorragender Braugerstensorten gewonnen, die jahrzehntelang Anbau fanden, z. B. die „Hado-gerste“, die eine Auslese aus „Hanna“ darstellte.

Durch eine Auslese von Pflanzenformen können jedoch keine neuen Sorten mit noch gesteigerter Leistungsfähigkeit erhalten werden. Dies war erst durch *Züchtung mittels Kreuzung* möglich, da diese es erlaubte, die wertvollen Eigenschaften verschiedener Sorten in einer neuen Pflanze zu vereinigen. Die Züchtung durch Kreuzung erfordert die Kenntnis der Vererbungsgesetze, der Eigenschaften der zu kreuzenden Eltern und der überhaupt erreichbaren Zuchtziele. Es bedarf langjähriger mühsamer Kleinarbeit zur Erzeugung von Zuchtpflanzen, die die gewünschten guten und wertvollen Eigenschaften der Eltern vereinigen. Die bewährten Sorten „Isaria“ und „Wisa“, von denen die erstere in den Jahren vor und nach dem Kriege und die letztere von 1955–1967 im Braugerstenanbau dominierte, waren noch aus einfachen Kreuzungen hervorgegangen, wogegen die heutigen Sorten das Ergebnis von Mehrfachkreuzungen darstellen. Hierdurch ist es möglich, in kürzerer Zeit die angestrebten Leistungs-, Qualitäts- und Gesundheitsmerkmale, die auf mehrere Varietäten verteilt sind, in einer Sorte zu vereinigen.

Der klassischen Pflanzenzüchtung von der Kreuzung, beginnend über die phänotypische Selektion des jungen Zellmaterials bis hin zu den Leistungs- und Qualitätsprüfungen an mehreren Versuchsorten kommt nach wie vor die größte Bedeutung für die Entwicklung von Braugerstensorten zu. Das Ziel ist es, hochertragreiche, gesunde Gersten zu züchten, die allen Anforderungen der gesamten Verarbeitungskette gerecht werden. Eine besondere Aufgabe für die Züchter stellt die Entwicklung von Sorten mit einer großen ökologischen Streubreite dar, die nicht nur der Globalisierung der Märkte, sondern auch den Veränderungen des Klimas gerecht werden müssen.

Der Fortschritt in der Biotechnologie ermöglicht neue Zuchtmethoden für die Gerste, die zum einen eine Beschleunigung der Züchtung erlauben und eine höhere genetische Reinheit. Die sogenannte Dihaploidtechnologie ermöglicht eine Sortenreinheit von neuen Kreuzungen innerhalb kürzester Zeit. Hinzu

kommt die Markertechnologie, um neue Eigenschaften schnell und zielgerichtet in gute Braugerstensorten einzüchten zu können.

Weitere Möglichkeiten, bestimmte Eigenschaften in eine Gerste einzubringen, bieten geeignete Mutanten als Kreuzungseltern. Zur Auslösung einer Mutation werden am häufigsten Röntgen- oder  $\gamma$ -Strahlen sowie Ethylmethansulfonat, Diethylsulfat, Nitrosoharnstoff und Natriumazid angewendet [32].

Von brautechnologischer Bedeutung sind Mutanten, die durch genetische Blockierung die Biosynthese von Catechin und Proanthocyanidin (s. Abschnitt 4.1.10) im Gerstenkorn hemmen [33, 34]. Diese „Procyanidin-freien“ Gersten liegen, ausgehend von der Mutante ant 13-13 über die Sorte Gallant mit der nunmehr verbesserten Sorte Caminant in der dritten Generation vor. Die aus diesen Gersten hergestellten Malze vermitteln eine wesentliche Verbesserung der kolloidalen Stabilität des Bieres. Anfängliche Schwierigkeiten, die sich hinsichtlich Ertrag und Empfindlichkeit gegenüber ungünstigen Witterungsbedingungen wie auch durch unzulängliche Cytolyse beim Mälzen ergaben, konnten z. B. bei Caminant beseitigt werden. Die Anfälligkeit dieser Gersten gegen Mikroorganismenbefall (z. B. Fusarien, s. a. Abschnitt 1.6.1.3, 3.4.7) in feuchten Vegetationsperioden bedarf noch weiterer Überprüfungen, ebenso die grundlegende Frage der Bedeutung der Polyphenole für die Geschmacksstabilisierung des Bieres [35, 36].

Andere Mutanten zielen auf Gersten ab, die keine Lipoxygenase-Aktivität (LOX-1) besitzen. Über die Linie 112 wurde berichtet [619, 620], dass sie nur mehr 1/3 der Alterungskomponente des Bieres, des t-2-Nonenal (s. Abschnitte 4.1.8 und 9.2) einer konventionellen Gerste aufwies und so zu entsprechend geschmackstabileren Bieren führte. Befürchtungen, dass der Mangel an Lipoxygenase-Aktivität zu Pilz- und anderen Infektionen und damit zu Ernteausfällen Anlaß geben würde, konnten nicht bestätigt werden. Es waren in den agronomischen Eigenschaften (Aufwuchs, Ertrag, Krankheitstoleranz) sowie im Mälzungsverhalten und in der Malzqualität keine Unterschiede erkennbar [37].

*Gentechnologie* eröffnet neue Möglichkeiten, Gene von anderen Arten oder Gattungen in die Gerste zu transformieren, um so deren Eigenschaften zu verbessern. So gelang es, ein wohldefiniertes Gen von *Trichoderma reesei*, das für eine hitzestabile Endo- $\beta$ -Glucanase (s. Abschnitt 1.5.8.2) codiert, in eine Zellkulatur einzuführen [38]. Das Malz aus einer derartigen Gerste verzeichnete einen rascheren Würzeablauf, niedrigere  $\beta$ -Glucangehalte in Würze und Bier sowie eine höhere Extraktausbeute. Hierbei stellt sich jedoch die Frage, wie weit der  $\beta$ -Glucanabbau beim Mälzen bzw. Maischen getrieben werden soll, da Glucan-dextrine bestimmten Molekulargewichts für die Vollmundigkeit des Bieres einen Beitrag leisten können. Das obengenannte Ergebnis zeigt, dass eine genetische Veränderung von Gerste wohl möglich ist, dass aber diese Technik noch nicht vollständig ist und viele, noch verbliebene Schwierigkeiten gelöst werden müssen, bevor sie eine Routinemethode der Pflanzenzüchtung wird [39]. Diese Schwierigkeiten werden sicher in den kommenden Jahren gelöst. Es stellt sich aber die Frage, welche Gene in eine Braugerste eingeführt werden sollen. Die begrenzten Kenntnisse über die Struktur und die Biosynthese des Arabinoxylangs lassen einen direkten Eingriff auf die Dicke und Abbaufähigkeit der Endo-

spermzellwände noch nicht zu. Dasselbe gilt für eine Einflußnahme in die Stärkesynthese [40]. Eine Modifikation der B- und D-Hordeinfraktionen könnte einen weitergehenden Abbau derselben bei der Keimung ermöglichen, was zu einer verstärkten Freisetzung der Stärke führt, doch steht dem wiederum die Erhaltung eines guten Bierschaums entgegen. Nachdem der Eiweißabbau ohnedies bei den neuen Gerstensorten zu weit geht, ist kaum ein Bedarf an einer gentechnologischen Intensivierung der Eiweißlösung gegeben. Eine Erhöhung der Grenzdextrinaseaktivität durch die Einbringung entsprechender Gene könnte eine bessere Vergärbarkeit der Würze erbringen, doch stellt sich die Frage, ob dies – mindestens bei Suden mit 100% Malz – erwünscht ist.

Dagegen könnten durch genetische Manipulation die Resistenzeigenschaften der Gerste (oder des Weizens) z.B. gegen Mikroorganismen wie Schimmelpilze und Bakterien verbessert werden. Ein weiteres, lohnendes Ziel wäre auch die Verbesserung der Resistenz gegen Pflanzenkrankheiten und Schädlingsbefall, um so den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln verringern zu können.

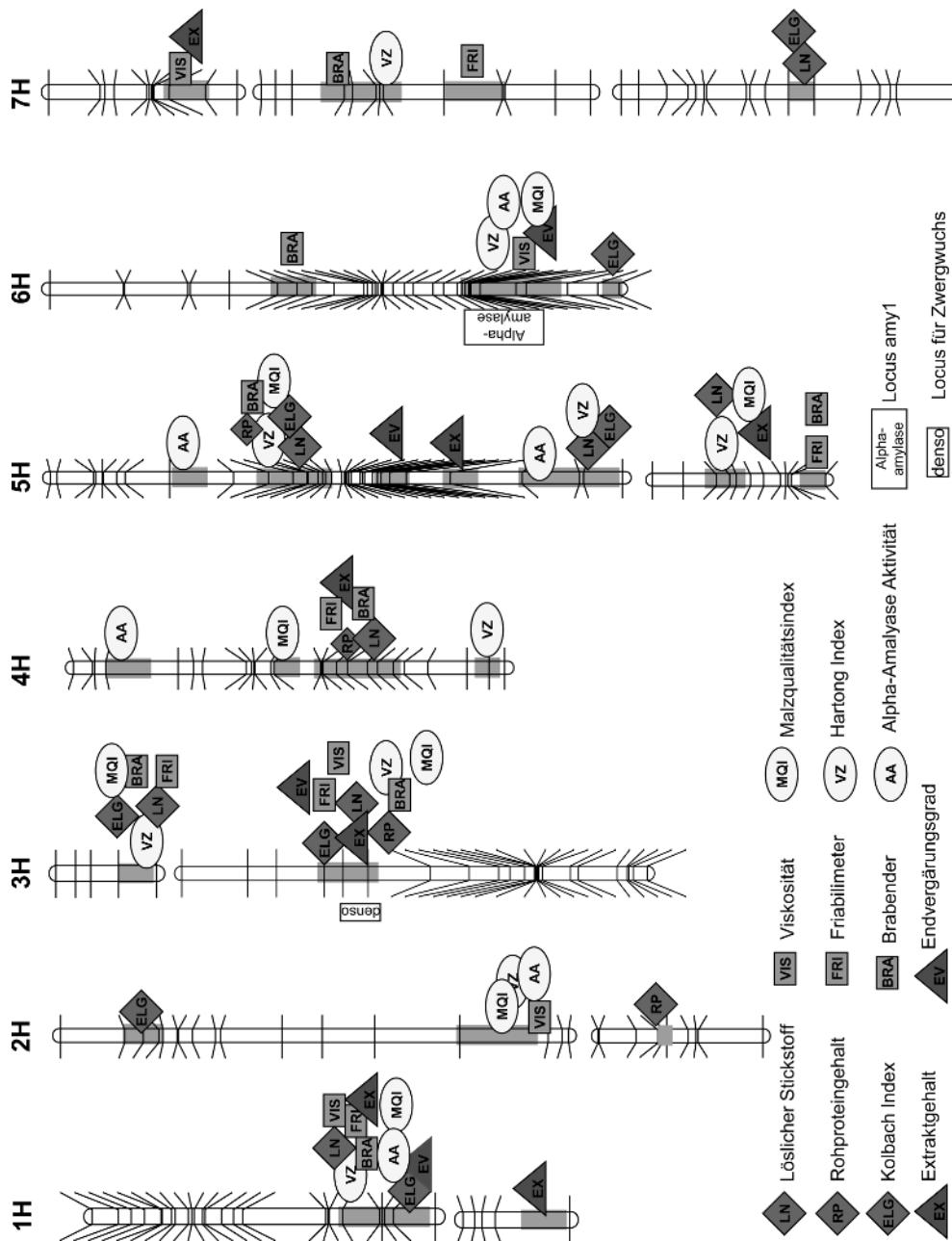
Eine Frage ist, wie stabil die durch den Gentransfer gewonnenen neuen Eigenschaften sind; vor allem aber interessiert dabei, ob nicht andere Charakteristika eine Beeinträchtigung erfahren oder das bei Braugersten bewährte Gleichgewicht der verschiedenen Enzymgruppen der Cytolyse, Proteolyse und Amylyse gestört wird.

Als nicht zu unterschätzender Faktor ist die Abneigung weiter Bevölkerungskreise gegen den Verzehr von „genmanipulierten“ Nahrungsmitteln zu werten. Hierdurch darf die Forschung nicht beeinträchtigt werden, um den wissenschaftlichen Fortschritt nicht zu hemmen. Es bedarf aber einer besonders sorgfältigen Aufklärung und des Beweises der Unschädlichkeit, wenn die Produkte aus derartigen Rohstoffen angenommen werden sollen. Bei Bier ist die Bevölkerung in Deutschland und einigen anderen Ländern noch kritischer als bei anderen Nahrungsmitteln.

Besondere Bedeutung kommt im Rahmen molekularbiologischer Untersuchungen der Genlokalisierung bei Gerste zu. Hierbei können Marker-Gene, die für bestimmte Eigenschaften, wie z.B. Enzymsysteme, aber auch für die Mehlkörperstruktur verantwortlich sind, lokalisiert werden. Es dürfte dann schon bei der Kreuzungszüchtung einfacher sein, gewünschte Spezifikationen gezielt in die Gerste einzubringen [41–43].

Wie die Abb. 1.2 zeigt, lassen sich durch die Genomanalyse eine Reihe von Gersten- und Malzeigenschaften zucodieren: Rohproteinengehalt, löslicher N, Eiweißlösungsgrad, Vz 45 °C, Viskosität, Malzhärte, Friabilimeterwert, Extraktgehalt, Endvergärungsgrad, Malzqualitätsindex sowie Mehlttauresistenz und Reagenswuchstyp. Dies ist um so bemerkenswerter, als am Zustandekommen z.B. des Friabilimeterwertes oder der Viskosität mehrere Faktoren wie Mehlkörperstruktur, Zellwandbeschaffenheit,  $\beta$ -Glucangehalt,  $\beta$ -Glucanasesaktivität,  $\beta$ -Gluconsolubilaseaktivität und wahrscheinlich auch Arabinoxylan nebst zugehörigen Enzymsystemen beteiligt sind.

Ein Gen, bezeichnet als B 72-5 mit unbekannter Funktion, wird beim Weizen und bei der Keimung gebildet. Mittels PCR bestimmt, war es bei Brau-



gersten 128× so stark vertreten wie bei Futtergersten. Somit können schon in einem frühen Stadium der Prüfung von Neuzüchtungen ungeeignete Gersten mittels PCR ausgeschieden werden [44].

Während bei den älteren Sorten noch die äußereren Kornmerkmale als Bestimmungsfaktoren der Auslese dienten, wurde seit 1953 in zunehmendem Maße die Kleimmälzung herangezogen, um frühzeitig Anhaltspunkte über Malzextrakt, Lösungsfähigkeit und Enzympotential der Malze zu gewinnen (s. Kapitel 11). Es zeigte sich auch, dass Gersten von hoher landwirtschaftlicher Eignung (Standfestigkeit, Krankheitsresistenz und somit von guten Ertragsgegebenheiten) bei hoher Brauqualität erzielt werden konnten, wie sie die heute fast ausschließlich angebauten Gerstensorten darstellen. Naturgemäß liegt der Schwerpunkt der Braugerstenzüchtung auf dem Gebiet der Sommergersten.

Aber auch die Züchtung von Winterbraugersten führte in den letzten 20 Jahren zu erheblichen Fortschritten.

Es ist bedeutsam, dass die Versuche zur Vorhersage der Malzqualität so früh wie möglich beginnen, d.h. wenn die genetische Stabilität der Neuzüchtungen gewährleistet ist. Dies ist erst in den Stadien F5–F7, d.h. also 5–7 Jahre nach der Kreuzung oder Selektion der Fall. Nachdem hier aber noch keine „Kleinsünde“ im 1 kg-Maßstab durchgeführt werden können, so ist es möglich, stattdessen über eine durch mathematische Auswertung abgesicherte gaschromatographische Analyse der Malzaromastoffe eine Aussage über mögliche Geschmacksabweichungen zu treffen [45–51].

Jede Gerstensorte hat ihren eigenen geschützten Namen, der in einem besonderen Sortenregister mit allen typischen Merkmalen der Sorte – die genetisch bedingt sind – wie Aufwuchs, Reifung, Ertragsfähigkeit, Kornausbildung, Brauwertegenschaften usw. genau beschrieben ist (Sortenschutzgesetz).

### 1.2.8.1 Sommergersten

Einen Überblick über die Saatgutvermehrungsflächen gibt Tab. 1.3, woraus sich die Bedeutung des sich allerdings relativ rasch wandelnden Sortenspektrums ableiten lässt. Einen noch genaueren Eindruck über die Sortenbewegungen vermittelt die im Anhang aufgeführte Tabelle. Die relativ große Zahl an Sorten erklärt sich daraus, dass jedes Jahr 2–4 Neuzulassungen das Sortiment bereichern, während auf der anderen Seite wieder einige am Auslaufen sind. Je nach Gegend vermögen sich auch manche Sorten, die allgemein an Interesse verloren haben, noch über einige Zeit zu halten. Eine Sortenvielfalt ergibt Probleme bei der aufnehmenden Hand, die bei starker gleichzeitiger Anlieferung eine Trennung erschweren. Die Sommerbraugersten zeichnen sich durch hohe Extraktgehalte sowie eine hohe Enzymkapazität aus, die eine sehr gute, im Falle der Proteolyse eher eine zu weitgehende Auflösung vermittelt. Sorten, die ein ausgewogenes Enzymmuster haben, was sich in hohem Eiweißlösungsgrad, weitgehender und homogener Zellwandlösung sowie hohem Endvergärungsgrad äußert, lassen sich knapper vermälzen, ohne dass deswegen eine dieser Eigenschaften leidet. Die Vz 45 °C ist aus Gründen, die in Abschnitt 9.1.7.1 ge-

**Tab. 1.3** Vermehrungsflächen (ha) für Sommergerste in Deutschland.

Sorte	2009	2008
Marthe	3359	5578
Quench	2425	2227
Braemar	913	1512
Streif	867	161
Grace	528	–
NFC Tipple	492	812
Sebastian	226	362
Annabell	128	346
Belana	59	984
Andere + Futtergersten	3524	6110
Gesamt	12521	18092

**Tab. 1.4** Wichtige Malzanalysenmerkmale aus 8 Versuchsorten (Bundessortenamt).

Mittelwert von Wert	Sorte				
	Grace	Marthe	Pasadena	Quench	Streif
Extrakt [%], wfr.]	82,8	82,8	81,9	83,1	82,2
Friabilitimeter [%]	94,2	92,0	86,9	93,2	88,5
Ganzglasige [%]	0,0	0,1	0,3	0,1	0,2
Viskosität [mPa × s]	1,448	1,448	1,458	1,461	1,466
Rohprotein [%], wfr.]	9,9	10,0	9,9	9,4	9,9
lösL. N [mg/100 g]	770	755	719	728	799
Eiweißlösungsgrad [%]	48,9	47,8	45,8	48,8	50,8
Endvergärungsgrad [%]	81,5	82,7	81,4	81,5	81,9
Farbe [EBC]	3,8	3,5	3,6	3,7	3,7
H <sub>2</sub> O Aufnahme [%]	40,9	42,3	42,5	41,8	42,4
Mälzungsschwand [%]	9,3	10,6	10,7	9,9	10,0

schildert werden, aus dem Bewertungsschema für die Zulassung neuer Sorten herausgenommen worden.

Die wichtigsten Sorten zeigt anhand ihrer analytischen Kennzahlen Tab. 1.4.

Die Werte für  $\alpha$ -und  $\beta$ -Amylase bzw. Diastatische Kraft werden bei der Wertprüfung für das Bundessortenamt nicht erfaßt. Sie werden im Abschnitt 4.1.3.6 wiedergegeben.

Am günstigsten ist es naturgemäß, wenn sich die in einer Gegend angebauten Sorten hinsichtlich Enzymkapazität und Lösungsfähigkeit nur wenig unterscheiden. Dies ist bei den heutigen Braugerstensorten, wie Tab. 1.4 zeigt, weitgehend der Fall. Probleme können sortentypische Unterschiede in der Keimruhe bereiten, die sich vor allem bei ungünstiger Witterung bei der folgenden Mälzung durch Inhomogenität, vor allem bei der Zellwandlösung äußern.

Die Züchtungsfortschritte seit den 1980er Jahren sind erheblich, wie sich aus Tab. 1.5 ableiten läßt [49].

**Tab. 1.5** Vergleich der Züchtungsfortschritte bei Sommergersten.

Ergebnisse der Frühvermälzungen 1981–2000, 2005–2009 [33 c].

	1981 bis 1985	1986 bis 1990	1991 bis 1995	1996 bis 2000	2005 bis 2009	Trend
Extrakt Malz TrS. [%], wfr.]	81,1	81,4	81,1	82,6	82,1	↑
Viskosität (8,6%) [mPa·s]	1,507	1,496	1,461	1,458	1,464	↓
Friabilimeter Mürbigkeit [%]	79,7	81,2	87,9	89,2	88,2	↓
Rohprotein Malz [%], wfr.]	10,4	10,5	10,4	9,8	10,0	(↓)
löslicher Stickstoff [mg/100g Malz TrS.]	670	712	738	733	727	(↑)
Eiweiß-Lösungsgrad [%]	41,1	42,6	44,4	46,9	45,5	(↑)
Endvergärungsgrad [%], schb.]	81,2	80,7	81,8	83,2	82	(↑)
$\alpha$ -Amylase [ASBC, wfr.]	43	45	56	55	57	↑

Der Extraktgehalt stieg um 1–1,5% an, Friabilimeterwert und Viskosität der Kongreßwürze als Maßstab der Cytolyse zeigten eine stetige Verbesserung, wobei auch der Eiweißlösungsgrad eine deutliche Erhöhung erkennen ließ. Die  $\alpha$ -Amylase-Aktivität und mit ihr der Endvergärungsgrad nahmen ebenfalls zu.

### 1.2.8.2 Wintergersten

Sie sind überwiegend mehrzeilig; für Brauzwecke sind jedoch nur zweizeilige Sorten geeignet, die unter günstigen Witterungsbedingungen und bei zurückgenommener Stickstoffdüngung normale Eiweißgehalte aufweisen. Diese ermöglichen hohe Extraktgehalte und eine gute Zellwandlösung. Eine sehr gute Wintergerste war die britische Sorte „Maris Otter“; die neuen deutschen Sorten Malwinta und Wintmalt zeigen ein ausgeglichenes Enzympotential.

Im Hinblick auf eine problemlose Mehlgörperlösung (Filtrierbarkeit) und auf den Biergeschmack sollte der Eiweißgehalt 10,5% nicht überschreiten [45, 46]. Daten über Wintergerstenmalze sind in Tab. 1.6 aufgeführt [50, 52].

Die unter Variation der Mälzungsbedingungen erzielten (Mälzung bei konstanter und fallender Keimtemperatur, Keimgutfeuchte 43%, jedoch stets bei einer Weich-/Keimzeit von 6 Tagen) Ergebnisse zeigen, dass hohe Extraktgehalte erreicht wurden, die Cytolyse bezüglich der Mürbigkeit nach dem Friabilimeter das Niveau der Sommergersten erreichte, doch die Viskositätswerte, vor allem diejenigen bei der 65 °C-Würze, etwas erhöht waren. Dies wird auch durch den  $\beta$ -Glucangehalt der 65 °C-Würze bestätigt (s. Abschnitte 4.1.5 und 9.1.4.2). Die Mälzung bei fallenden Temperaturen hatte bei allen Auflösungskennzahlen bessere Werte zu verzeichnen (s. a. Tab. 6.3). Sehr hohe Aktivitäten erreichte die  $\alpha$ -Amylase, was sich auch in hohen Endvergärungsgraden äußerte.

Nachdem der Sommergerstenanbau aus Gründen der Erlössituation seit Jahren deutlich rückläufig ist (s. a. Tab. 1.7 und 1.8), kann sich bei ungünstiger

**Tab. 1.6** Ergebnisse der Malze aus den Sorten Malwinta und Wintmalt (Ernte 2007).

Sorte	Mittelwert (N=6)			
	Malwinta	Malwinta	Wintmalt	Wintmalt
WKZ	6	6	6	6
WG	43	43	43	43
Temperatur	18–14 °C 6 d/18–14 °C/43%	14 °C 6 d/14 °C/43%	18–14 °C 6 d/18–14 °C/43%	14 °C 6 d/14 °C/43%
Wassergehalt [%]	4,3	4,3	4,1	4,1
Extrakt [%TS]	81,3	81,6	81,9	81,7
Protein [%TS]	9,5	9,7	9,8	9,9
lösL. N mg/100 g [Malz TS]	657	634	670	639
ELG [%]	43,5	41,3	42,9	40,9
Viskosität (8,6%) (VZ 65 °C) [mPa×s]	1,57	1,71	1,57	1,65
Viskosität (8,6%) [mPa×s]	1,52	1,56	1,51	1,54
Friabilimeter [%]	90	84	90	83
Teilglasige (>2,2 mm) [%]	1,1	3,3	1,6	3,8
Ganzglasige [%]	0,2	0,1	0,1	0,1
β-Glucan mg/l (VZ 65 °C) [mg/l]	367	530	374	514
Endvergärung [%]	83,4	82,3	83,2	82,0
α-Amylase [ASBC]	62	64	71	67
β-Amylase [betamyl U.]	1237	1106	1077	1076

Witterung ein Versorgungsengpaß bei Sommer-Braugerste ergeben. In diesem Falle wird auf geeignete Wintergerstensorten zur Bedarfsdeckung zurückgegriffen. Für die Landwirtschaft besteht jedoch bei ausreichender Sommergerstenernte nicht immer Absatzsicherheit für Winter-(Brau-)Gerste. Nachdem jedoch die Ergebnisse mit den Malzen aus den beiden Sorten Malwinta und Wintmalt bezüglich der Malzeigenschaften, der Verarbeitungsmerkmale und der Bierqualität günstig waren, ist es vorstellbar, dass Wintergerstenmalze zukünftig einen bestimmten Anteil der Schüttung für ein weites Spektrum an Biersorten ausmachen werden.

### 1.2.8.3 Nacktgersten

Diese haben ein gewisses brautechnologisches Interesse; deswegen werden auch Neuzüchtungen immer wieder sporadisch untersucht. Sie liefern, selbst unter Berücksichtigung der fehlenden Spelzen geringere Erträge als normale Sorten; sie sind bruchempfindlich beim Mähdrusch. Dieser kann eine Verletzung des Embryos verursachen, so dass die Keimfähigkeit leidet. Bei hohen Mälzungsverlusten vermitteln sie überaus hohe Extraktgehalte; die unter gleichen Bedingungen erzielte Auflösung ist knapper als bei bespelzten Gersten.

Diese Ergebnisse wurden in einer Reihe von weiteren Versuchen in Europa und Kanada bestätigt. Es ergaben sich wohl Extraktwerte, die um 3–5% höher

lagen, doch waren sowohl Cytolyse als auch Proteolyse ungenügend (letztere z. T. durch die Entfernung des Blattkeims). Niedrigere Werte an Amylasen führten zu niedrigeren Endvergärungsgraden. Bei höheren Darrtemperaturen waren stärkere Enzymverluste zu verzeichnen als bei bespelzten Gersten [47].

Die Vermälzbarkeit der Nacktgersten hängt auch deutlich von deren Aufwuchsbedingungen ab. Eine längere Keimzeit sowie Keimbedingungen, die eine langsamere, aber gleichmäßige Auflösung begünstigen, vermitteln bessere analytische Werte [48].

Allgemein gilt: Eine Vielzahl von Untersuchungen, die über Jahrzehnte hinweg in den am Gerstenanbau interessierten Ländern getätigt wurden, zeigte, dass Extraktgehalt, Eiweißlösung, Vz 45 °C, der Gehalt an verschiedenen Enzymen, der Endvergärungs-,  $\beta$ -Glucan- und Tannoidegehalt genetisch fixiert sind und damit von der Sorte abhängen. Auch tendieren manche Sorten stärker dazu, Eiweiß zu „sammeln“ als andere. Es können aber die Umweltbedingungen nach Klima und Vegetationszeit einen dominierenden Einfluß ausüben. Gersten, die über eine ausgewogenes Enzymspektrum verfügen, sind hiervon mindestens im Hinblick auf die Malzauflösung, aber auch bezüglich des Extraktgehalts weniger stark betroffen als andere.

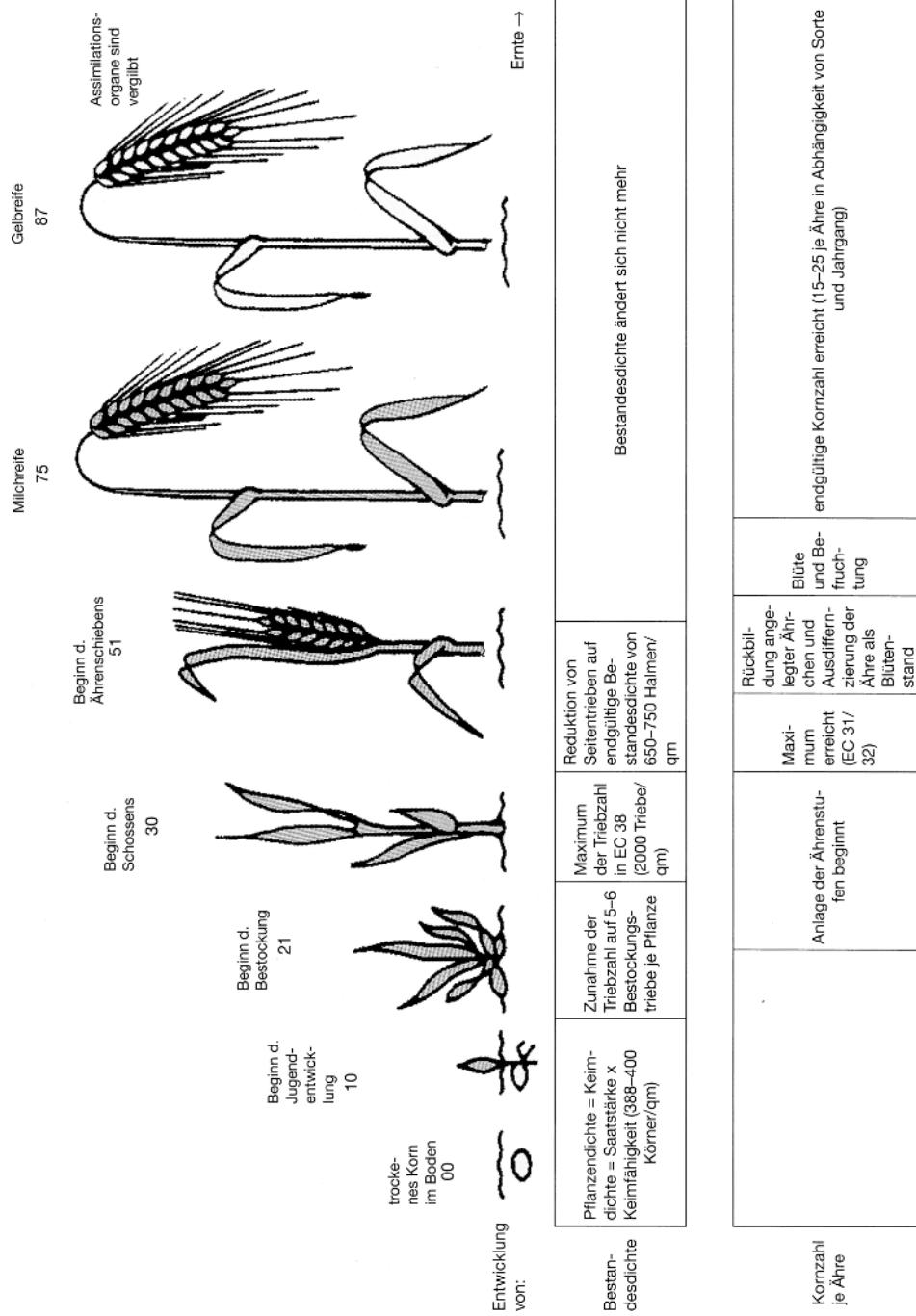
### 1.2.9

#### **Die Jahrgangseinflüsse auf die Malzanalysendaten von Sommergersten**

Wie im vorhergehenden Abschnitt insbesondere in Abb. 1.2 und Tab. 1.4 gezeigt werden konnte, sind die Merkmale der Zellwandlösung und mehr noch des Eiweißabbaus bei der Keimung in hohem Maße sortenabhängig. Es hat aber den Anschein, dass früh und mittel abreifende Sorten unabhängig von der Eiweißlösung tendenziell knappere Kennzahlen der Zellwandlösung ergeben als später abreifende Sorten. Dies kann zu Problemen führen, eine ausgewogene Auflösung nach diesen beiden Merkmalen zu erzielen und die gewünschten Malzspezifikationen zu erfüllen.

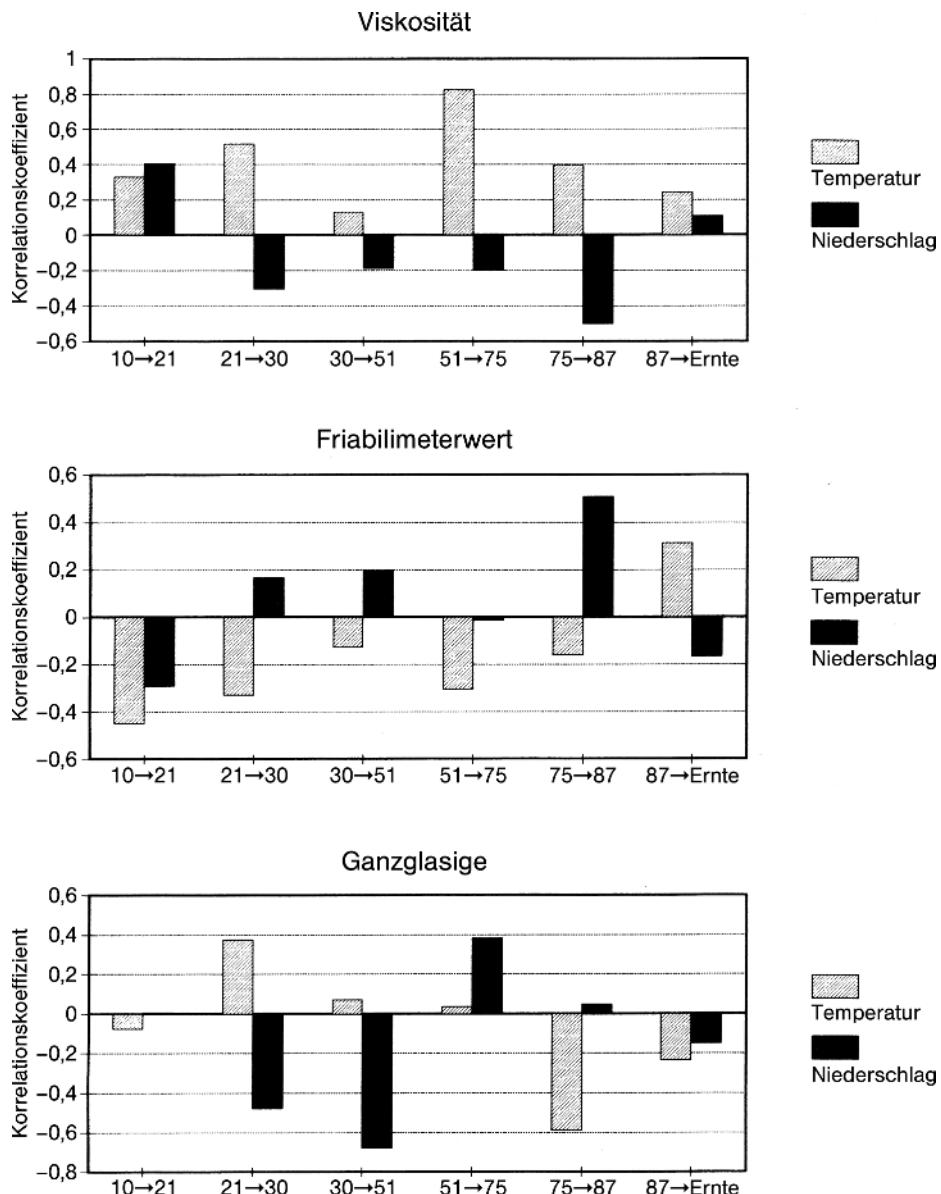
Es sind generell die Merkmale wie Zellwand- und Eiweißabbau sowie des Stärkeabbaus (z. B. Endvergärungsgrad) und des Malzextraktes stark vom Jahrgang und damit von den Witterungsbedingungen abhängig. In den folgenden Säulendarstellungen soll auf die Wechselwirkungen zwischen Witterung einerseits und Kornstruktur sowie Enzymkraft andererseits eingegangen werden. Die Wachstumsstadien der Gerste, wie sie in Abschnitt 1.2.1 besprochen wurden, sind in Abb. 1.3 dargestellt.

So wirken hohe Frühjahrstemperaturen insbesondere bei Trockenheit auf die Cytolyse im Sinne einer Viskositätssteigerung ein. Sehr groß ist der Temperatureinfluß zwischen Ährenschieben und Milchreife, wobei wiederum die Viskosität eine Steigerung erfährt. Es sind aber hier nicht nur strukturbildende Vorgänge (wie Dicke der Zellwände, Höhe des Eiweißgehaltes, Füllung der Zellen mit Stärke) maßgebend, sondern auch solche, die das spätere Enzympotential festlegen. Dagegen sind unterdurchschnittliche Temperaturen und erhöhte Niederschläge zwischen Milch- und Gelbreife niedrigen Viskositätswerten förder-



1000-Kornge wicht	Beginn der Kornfüllung	Starke Zunahme des 1000-Korn gewichtes (ca. 50% des Endwerts)	Stagnation und schließlich Abbruch der Photosynthese
ertragsfördernde Witterung	tendenzell warm tendenzell kühler Kernwurzeln erscheinen bei Temp.-Sum. v. 38°Cd	tendenzell kühler tendenzell kühler heiß, ausreichend Bodenfeuchtigkeit, somrig (Assimilation)	mäßig warm, nicht heiß, ausreichend Bodenfeuchtigkeit, somrig (Assimilation)
Nährstoffbedarf	keiner sehr niedrig	mittel bis hoch mittel bis hoch hoch bis sehr hoch	mittel bis hoch gering bis mittel keiner
Temperatursummen zw. Stadien [°Cd]	147 194	225 255	417 318 193
üblicher Zeitraum	Mittl. März	Anfang April	Ende April
		Mitte Mai	erstes Juni drittel
		Anfang Juli	Zweite Juli-hälfte
			Anfang August

Abb. 1.3 a Wachstumsstadien bei Gerste.



**Abb. 1.3 b** Richtung und Stärke des Einflusses von Temperatur und Niederschlag während der einzelnen Wachstumsstadien der Sommergerste auf die Merkmale der Cytolyse.

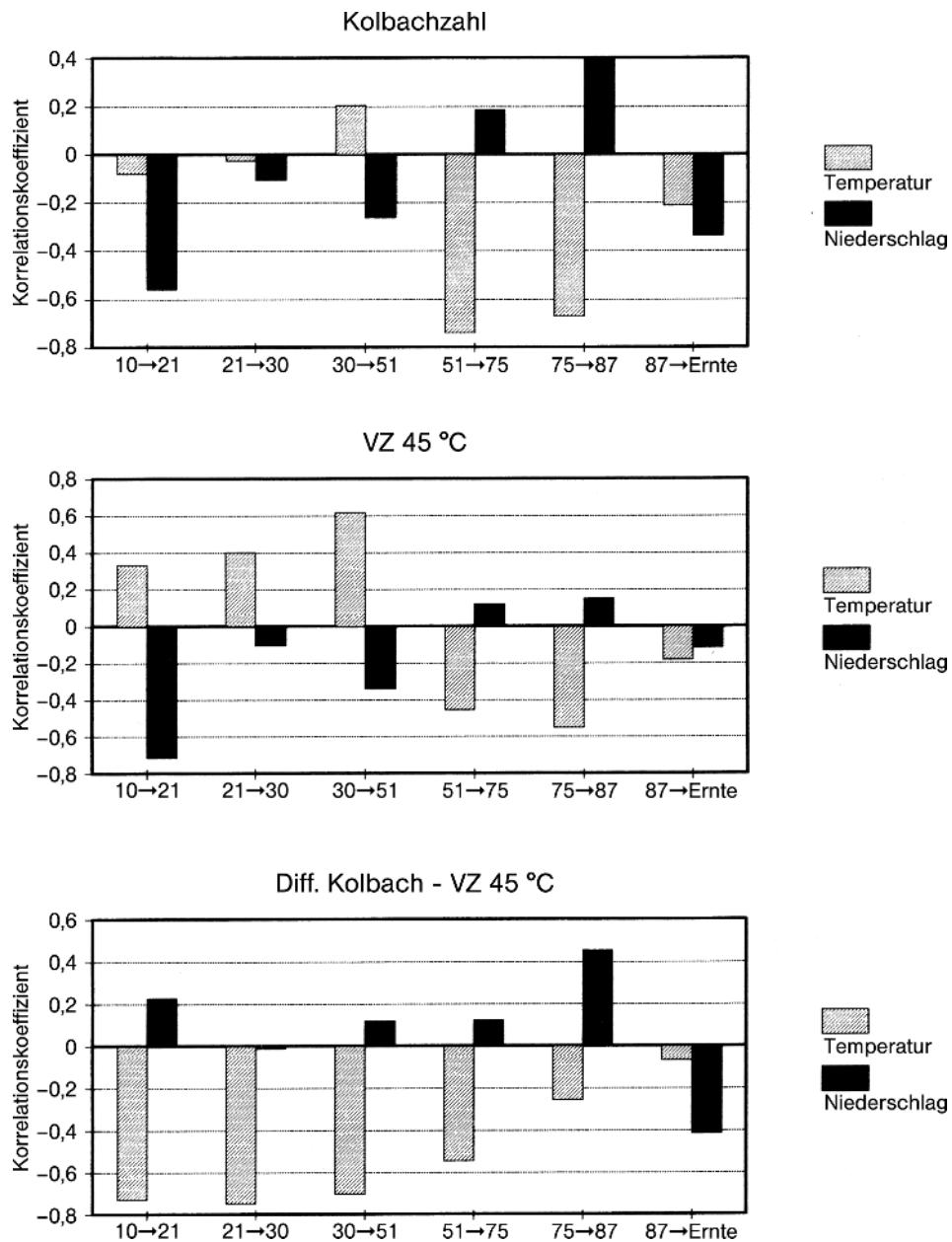


Abb. 1.3c Richtung und Stärke des Einflusses von Temperatur und Niederschlag während der einzelnen Wachstumsstadien der Sommergerste auf die Merkmale der Proteolyse.

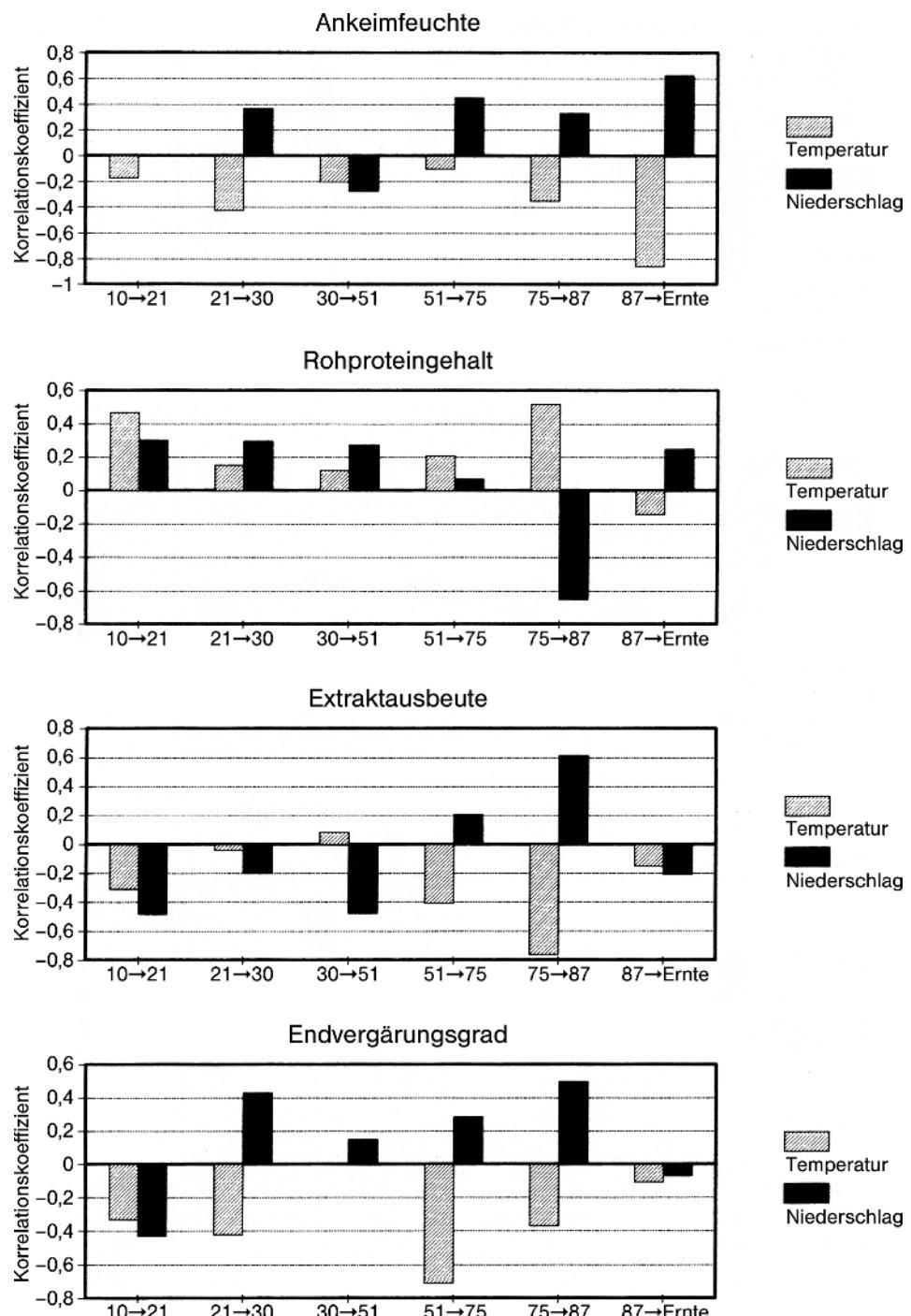


Abb. 1.3 d Richtung und Stärke des Einflusses von Temperatur und Niederschlag während der einzelnen Wachstumsstadien der Sommergerste auf allgemeine Malzmerkmale.

lich, da sich hier ein mürber, stärkereicher Mehlkörper mit dünnen, leicht auflösbaren Zellwänden ergibt. Ähnliches gilt für die die Mürbigkeit darstellende Friabilimeteranalyse. Zusätzlich sind hohe Temperaturen und geringe Niederschläge zwischen Gelbreife und Drusch einer geringen Keimruhe und Wasserempfindlichkeit günstig, wodurch wiederum der Zellwandabbau positiv beeinflusst wird. Starke Trockenheit und hohe Temperaturen zwischen dem Beginn der Bestockung und dem Ährenschieben rufen dünne, an Trieben arme Bestände hervor, die im Falle von kräftigen Niederschlägen nach dem Ährenschieben zu Zwiewuchs neigen. Diese nachkommenden Triebe ergeben Ähren, die entweder nicht mehr abreifen oder doch zumindest zu Körnern von ungenügenden Lösungseigenschaften führen.

Auch zwischen den Kennzahlen der Eiweißlösung und den Witterungsbedingungen in den einzelnen Wachstumsstadien der Gerste bestehen statistisch erfassbare Beziehungen. So senken hohe Niederschläge während der Jugendentwicklung der Gerste den Eiweißlösungsgrad, eine Verschlechterung, wie diese auch bei Friabilimeterwerten und Viskosität eintritt. Entscheidend für die Stärke der Eiweißlösung sind nach Abb. 1.3b die Temperaturen zwischen Ährenschieben und Milchreife und – wenn auch in geringerer Gewichtung – zwischen Milch- und Gelbreife. Hier wirken niedrige Temperaturen bei gleichzeitig steigenden Niederschlägen günstig, weil wiederum die Mehlkörperstruktur und die Enzymkapazität des Malzes positiv beeinflusst werden. Die Vz 45 °C wird durch hohe Frühjahrstemperaturen, insbesondere in der Phase des Schossens gesteigert. Hier wirken sich höhere Rohproteingehalte für dieses Merkmal günstig aus; im weiteren Fortgang der Vegetation sind niedrige Temperaturen und überdurchschnittliche Niederschläge positiv, wie hierdurch auch die Mürbigkeit positiv beeinflusst wird. Die interessante Spanne zwischen Eiweißlösung und Vz 45 °C ist bei extraktreichen, eiweißarmen Gersten bzw. Malzen stärker ausgeprägt. Die geringere Spanne wäre im Hinblick auf die technologische Variationsmöglichkeit erwünscht. Sie wird wohl auch durch Regen zwischen Gelbreife und Ernte verringert, kann aber Qualitätsmängel wie Schimmelpilzbefall, aufgeplatzte Körner, verlängerte Keimruhe und höhere Eiweißgehalte zur Folge haben [55].

Eine selbstverständliche Grundlage für die positive Entwicklung der Merkmale von Cytolyse und Proteolyse ist eine möglichst 100%ige Keimfähigkeit, eine dieser nahe kommende Keimenergie und eine geringe Wasserempfindlichkeit. Diese Eigenschaften sind die Voraussetzung, dass der Mälzer die heute bekannten technologischen Möglichkeiten ausnützen kann.

### 1.2.10

#### **Gerstenherkünfte und Sorten**

Deutschland hat derzeit einen Braugerstenbedarf von 2,7 mio t/Jahr. Hiervon werden nur 55–70% aus eigenem Anbau gedeckt, wobei dies zum Teil sehr stark von einem Jahr zum anderen schwanken kann. Somit sind die Anbaugebiete der Europäischen Union, aber auch des übrigen Europas von Bedeu-